#10

#10

ISSN 0387-6039

広島県水産試験場研究報告

第 10 号

昭和54年 3 月

APR 2 2 1980

広 島 県 水 産 試 験 場

(広島県安芸郡音戸町大字音戸5233—2)

広 水 試 研 報
Bull. Hiroshima Fish. Exp. Stn.

目　　次

原　　著

橘本俊将

広島湾周辺水域における海水の成層状況とその要因……1

楠木　豊

カキ養殖場海底耕うんの効果について……15

高山晴義

ヤコウチュウに関する観察—Ⅰ　補食行動について……27

高場　稔・平田貞郎

ガザミの標識法とその放流試験……35

猪子嘉生・川西正衛・平田貞郎・高場　稔

ガザミの種苗放流・追跡—Ⅷ．49年江田島湾放流群の漁獲回収とその資源解析……43

猪子嘉生・川西正衛・平田貞郎・高場　稔

ガザミの種苗放流・追跡—Ⅸ．50年江田島湾放流群の漁獲回収とその資源解析……51

抄　　録

楠木　豊：カキ養殖場における漁場老化に関する基礎的研究—Ⅲ　マガキ・フンの沈降速度と運搬距離……57

楠木　豊：マガキの沪過水量の測定法について……57

楠木　豊：マガキえらによる懸濁微小粒子の捕捉……58

楠木　豊：マガキ排せつ物量と懸濁物捕捉量との関係……58

荒川好満・山崎妙子：牡蛎—その知識と調理の実際……59

荒川好満・峠　清隆：広島県地御前人工干潟造成前後の生物相の変化……60

高山晴義：ヤコウチュウの培養とその観察……60

大内　晟・高山晴義：赤潮予知に関する試み……61

高山晴義・大内　晟・大久保　忠・島田英明：広島湾に発生した赤潮と漁業被害……61

大内　晟・高山晴義：布刈瀬戸およびその付近の架橋水域の漁場環境調査……62

平田貞郎：架橋予定水域およびその周辺水域における魚卵稚仔分布調査……62

溝上昭男・馬久地隆幸・猪子嘉生：架橋予定水域およびその周辺水域におけるマダイ幼魚の漁業資源生態調査……63

溝上昭男・高場　稔・猪子嘉生：架橋予定水域およびその周辺水域におけるマダイ幼魚の漁業資源生態調査……63

猪子嘉生・溝上昭男・高場　稔：マダイの種苗放流・追跡—Ⅰ．昭和52年度生野島海域なおける小型種苗の大量集中放流……64

高場　稔・溝上昭男・猪子嘉生：マダイの種苗放流・追跡—Ⅱ．放流種苗の定着……64

溝上昭男・高場　稔・猪子嘉生：マダイの種苗放流・追跡―Ⅲ．採捕状況と分散……65
増村和彦・若林久嗣：人工生産マダイ，クロダイ稚魚の滑走細菌想染症……66
伏見　徹：マダイ稚魚飼料開発研究……66

各種刊行物リスト……68

原著 Original Articles

広島湾周辺水域における海水の成層状況とその要因

橋　本　俊　将

On the Stratification in Sea water and its Factors Affecting the Formation along the Coast of Hiroshima Bay.

Toshimasa Hashimoto

ま　え　が　き

夏期，県下沿岸水域の海水の表層では，沖合水域に比し顕著な成層状態になることが多い。これらのことから，海水中の溶存酸素状態が表層で過飽和，底層で不飽和となることがあり，水産業上，漁場環境に悪影響をおよぼすことがある。この夏期の成層状態をT—S図上で冬期と対比し，更に，沿岸部のうち広島湾奥水域をとり上げ，同水域における海水の成層の主な形成要因を日射および陸水の流入に求め，同湾沖合水域と対比しながら検討したので，その結果を報告する。

資料および方法

資料および結果の検討方法は，つぎのとおりである。

1. 資　料

主として1972年4月から1977年3月まで5カ年間の，つぎの各資料を用いた。

- 漁況海況予報浅海定線調査結果（広島県水産試験場　1973～1977）
  水温，塩分量，透明度
- 広島県気象月報（広島地方気象台　1972～1977）
  全天日射量，気温，湿度，雲量，風力
- 真珠養殖試験結果（広島県水産試験場　1961）
  海中照度，透明度
- 自動海況観測資料（広島県広島農林事務所　1976）
  水温
- 建設省資料（建設省中国地方建設局　1972～1977）
  太田川の流量，太田川・玖村観測所における水温

各調査点の位置を，図1に示す。

2. 方　法

検討の順序は，つぎのとおりである。

1）まず現象面として，各調査点の5カ年間平均の水温・塩分量の状態を夏期・冬期に分けてT—S図上に示し，そのうち広島湾奥部と同湾沖合水域の2調査点を代表例として，その垂直安

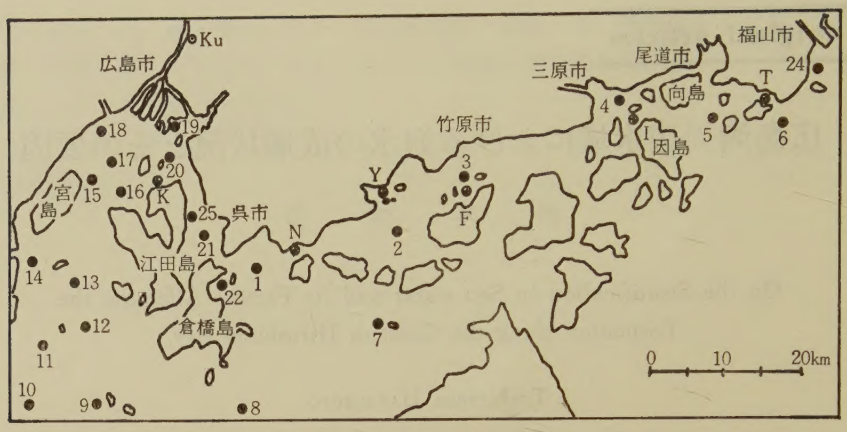


図 1　調 査 点 位 置

Fig. 1.　Location of observation stations

● 漁況海況予報浅海定線調査	● Observational line in shallow sea for forecasting fishing and conditions
⊕ 真珠養殖試験	⊕ Research of pearl culture
K 幸ノ浦　F 船島	K kōnoura　F funajima
N 仁方　I 因島	N nigata　I innoshima
Y 安浦　T 田島	Y yasuura　T tashima
⊙ Ku 太田川・玖村観測所	⊙ Ku kumura observation station (ōta river)

定度を求める。

2）上記，現象をもたらす要因として日射と陸水をとり上げ，上記 2 調査点について，つぎのとおり検討する。

(1) 日　射

- 日射による海水表面における収受熱量の状況
- 海水表面で収受した熱量の海面下各水層への伝播状況

a　熱伝導　　b　渦動伝導

(2) 陸　水

- 陸水の流入による海域における熱の収受
- 陸水の流入による海域における塩素量の低下

検討のために用いた計算式は，つぎのとおりである。

・垂直安定度[1]（Vertical Stability）

$$VS=\frac{\Delta\rho}{\Delta Z}\cdot 10^{8}-500 \qquad (1)$$

$\Delta\rho$：各水層間の現場密度の差，ΔZ：各水層の深度差

・日射による海水表面における収受熱量[2]

$$\theta_L=\theta_S-\theta_B-\theta_E-\theta_C \qquad (2)$$

ここで，θ_S：日射量，θ_B：海面からの有効逆輻射量，θ_E：海面からの蒸発によって失なわれる熱量（潜熱），θ_C：大気の対流によって海面から失なわれる熱量（顕熱）である。各項の量

は，つぎの式によって計算した。

$\theta_S = \theta_{SO} \cdot (1-\alpha)$

$\theta_B = \sigma T_w^4 (1-a-b\cdot\sqrt{e_a}) \cdot$(雲量による影響の項)$+4\sigma T_w^3 (t_w - t_a)$[3]

θ_E については，つぎの2式[2]の平均とした。

$$8.37 \cdot (e_w - e_a) \cdot W$$

$$4.68 \cdot (e_w - e_a) \cdot W + 40$$

$\theta_C = k \cdot (t_w - t_a) \cdot W$

ここで，θ_{SO}: 全天日射量，α: 海面における反射率，σ: ステファン・ボルツマン定数，T_w: 絶対温度で表わした海面水温，a・b: 実験的に決められた定数，e_a: 大気の蒸気圧 (mb)，t_w: 水温 (°C)，t_a: 気温 (°C)，e_w: 海面水温における蒸気圧 (mb)，W: 風速 (m/sec)，k: 顕熱伝達係数 (4.14)

・海水表面で収受した熱量の海面下各水層への伝播

a　熱伝導: 海水中における光の消散係数を求める式[4]にあてはめて計算した。

$$K = 2.30 \times \frac{\log I_0 - \log I_z}{Z} \qquad (3)$$

Z: 深さ (∠Z)，I_0: 海面の照度（輻射量），I_z: 深さ Z の照度（輻射量）

b　渦動伝導: 渦動伝導率[1] (Eddy Conductivity)

$$\sqrt{\mu_1} = \frac{3.16}{\beta} \cdot 10^{-4} \qquad \text{（年較差による）} \qquad (4)$$

$$\sqrt{\mu_2} = \frac{0.603}{\beta} \cdot 10^{-2} \qquad \text{（日較差による）} \qquad (5)$$

β: 水温変化の周期に関する項

・陸水の流入による海域の収受熱量[5]

$$\theta_F = V_F \cdot \rho_F \cdot C_{PF} \cdot (t_F - t_W) \qquad (6)$$

ここで，V_F: 陸水の流量，ρ_F: 陸水の密度，C_{PF}: 陸水の比熱，t_F: 陸水の水温，t_w: 海水の水温

海水の熱量は，つぎの式[1]で示されている。

$$S = \rho \cdot C_P \cdot T \qquad (7)$$

ρ: 密度，C_P: 比熱，T: 水温

結果および考察

1)　各調査点における水温・塩分量の状態と2調査点における垂直安定度の状態

調査期間における各調査点の夏期（6～9月）と冬期（11～2月）の，水温と塩分量の平均の状態を図2に示す。これでみると，冬期の状態は，各調査点とも現場水温における密度 (σ_t) がほぼ23～24.5の間に位置しているのに対し，夏期の状態は，沖合部と沿岸部とで，また，沿岸部

では表層と底層の間で σ_t が非常に異なっている。沖合部の調査点7（斉島），調査点8（大館場島）では，各水層とも σ_t は22～23であるのに対し，広島湾奥の調査点15～20（小那沙美島，三高沖，かくま島，五日市沖，宇品，峠島）では，表・底層間で σ_t は16～22.5と大きくかけ離れており，表層はT—S図（図2）上，いわば高温・低鹹部に位置している。

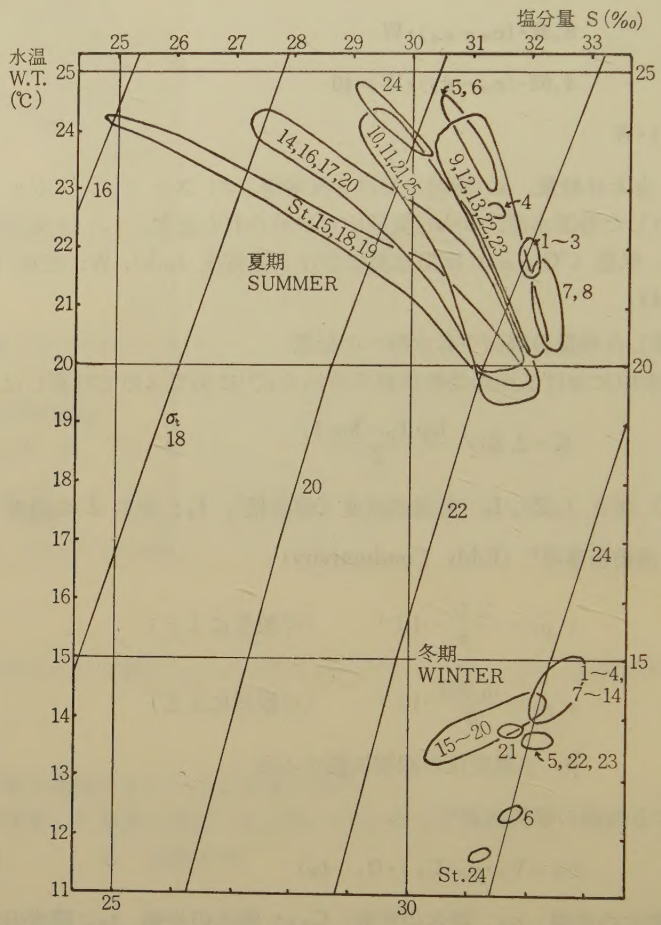


図 2　夏期（6月～9月）と冬期（11～12月）における各調査点の T-S 図

Fig. 2.　T-S diagram of each observation stations at summer (June-Sept.) and winter (Nov.-Feb).

夏期における水温・塩分状態の，沖合部と沿岸部の代表例として広島湾沖合水域の調査点8（大館場島）と同湾奥水域の調査点17（かくま島）を選び，両調査点における垂直安定度（VS）を第1式により計算し，結果を図3に示した。これでみると，調査点8では成層期（夏期）でも，6・8月は VS が5,000未満の状態が 10m 以浅（本調査点の水深は約 50m）でみられるにすぎない。一方，調査点17では4～8月の間，0～5m 層では VS は50,000以上となり，7・8月はほぼ底層（本調査点の水深は約 18m）まで VS が 10,000以上となっている。

この様に，夏期，沖合部と沿岸部とでは成層の程度に著しい差異がみられる。沿岸部において強く成層する要因として，海面で収受した日射による熱（輻射量）が，沖合部に比し濁りの多い

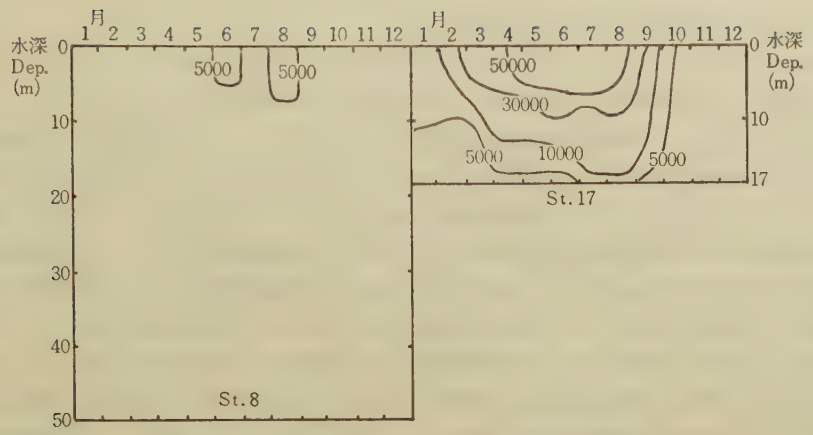


図 3　調査点 8 と調査点17における垂直安定度の年変化

Fig. 3.　Annual variation of Vertical Stability at St. 8 and St. 17.

表層で強く吸収され，輻射量が沖合部ほどには深部に伝わらないこと，陸水の流入による海水表面の水温変化と塩素量の低下があげられている。

以下，これらのことについて検討した。

2）　各要因についての検討

(1)　日射による海水表面における熱の収受

第 2 式により，日射による海水表面における収受熱量 θ_L を求め，結果を図 4 に示した。なお，同式中，θ_{so}，α，a，b，雲量による影響の項については，つぎの様にとり扱った。

・θ_{so}：調査点17（34°18′N）については広島県気象月報値を用い，調査点 8（34°03′N）については，新井・西沢の資料[3] から調査点17に対する値として算出。

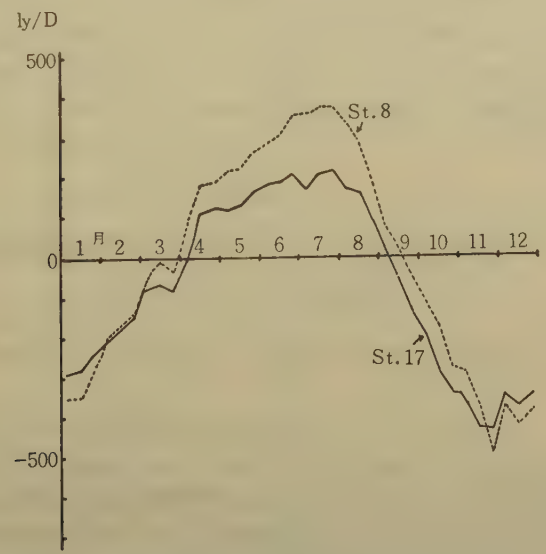


図 4　調査点17と調査点 8 における θ_L の年変化

Fig. 4.　Annual variation of net radiation penetrate the sea surface (θ_L) at St. 17 and St. 8.

◦ α: 新井・西沢の資料[3]から算出

◦ a, b: 新井・西沢[3]，赤松[2]，坂本[5]の資料から平均値を算出。

◦ 雲量による影響の項: 新井・西沢[3] の資料から平均値を算出。

これでみると，海面の収熱期（第2式において $\theta_L > 0$ となる期間）は，調査点17では4月中旬から9月上旬まで，調査点8では4月上旬から9月中旬までであり，他の期間は放熱期（$\theta_L < 0$）となっている。収熱期の最大値は7月中・下旬に示され，200～350ly/日* 程度，放熱期の最大値は11月下旬に示され，−450 ly/日程度となっている。収熱期は夏期，放熱期は冬期におおむね相当し，海面を収熱あるいは放熱の境界として，収熱期には海面から底層にむけ水温が下降し（正列成層），放熱期にはこの逆（逆列成層）となっていることは，図2からも分る。前述の様に，収熱期間の長さは調査点8の方が約2旬長く，全収熱量は調査点8が約 4130 ly，調査点17が約 2250 ly であり，収熱量の旬別の差異も，調査点8の方が調査点17より平均 119.1ly（最大192.2ly，最少 57.0ly）大きい。また，放熱期間の長さ，全放熱量（調査点8：約 −4550 ly，調査点17：約 −4940 ly）とも調査点8の方が調査点17より小さく，結局，日射による海面への給熱および海面における熱の滞留の程度（水平方向への熱の分散・移流の影響を除く）は，年間，調査点8の方がかなり大きいことになる。

図5・6に，両調査点における θ_L と表面水温との相関を示した。これでみると，θ_L の増加・減少に，水温の上昇・下降が伴なっていることが分かる。このことは，5m 層以深の各水層についても，同様の傾向がみられている。

(2) 海水表面で収受した熱量の海面下各水層への伝播

a 熱伝導

海面で吸収された日射による熱（幅射熱）は，下層に向け順次伝わっていく（熱伝導）わけであり，収熱期における海面下各水層ごとの幅射量の変化と海水の成層状況の関係を，つぎに検討した。

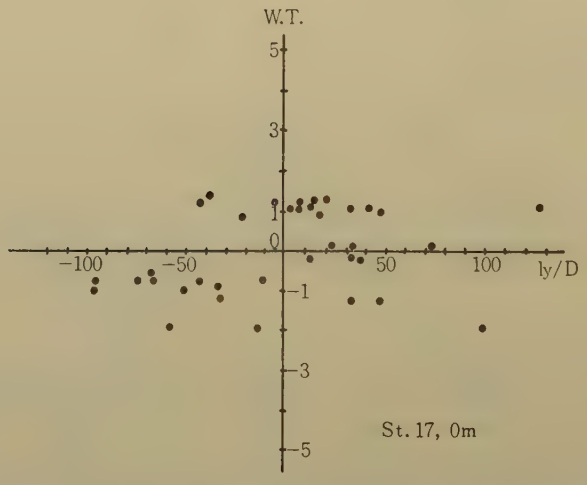


図 5　調査点17における旬別へ差異による海面輻射量と水温の関係（0 m）

Fig. 5. Relationship between θ_L (difference every ten days) and water temperature (difference every ten days) at St. 17 (0 m).

* ly; langley, 放射エネルギー密度を表わす単位で cal/cm²

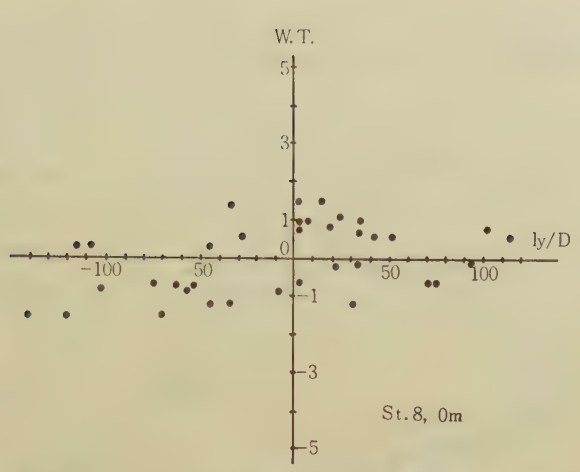


図 6　調査点8における旬別差異による海面輻射量と水温の関係（0 m）

Fig. 6.　Relationship between θ_L (difference every ten days) and water temperature (difference every ten days) at St. 8 (0 m).

過去，当水試においては，海水中における輻射量の変化を直接測定した事例がみあたらないが，海水中における輻射量の変化は，海水中における太陽光線（光）の減衰（消散係数）と同様の変化をするとされている[1]。このことから，まず，光の海水中における消散係数と透明度との関係を，1961年度に当水試が行った真珠養殖試験の結果から求め，その結果を，調査点17と調査点8の夏期における表面海水中の太陽輻射量と透明度との関係にあてはめ，表面下各水層における輻射量の減衰状況を検討した。

前述の真珠養殖試験では，海中照度と透明度を，幸ノ浦，仁方，安浦，船島，因島，田島の6カ所で，1961年7月から翌年1月までほぼ毎月1回測定している（海中照度は1mごと測定）。各調査点における海中照度を半対数方眼紙上に記入してみると，観測の日，時刻，天候，季節に関係なく各調査点とも 0～1m 間で照度は急減し，1m 以深からは底層までほぼ直線状に漸減している。従って，1m 以浅と 1m 以深の2つに分け，第3式により両者（1m 以浅・以深）の消散係数Kと透明度との関係を求め，図7に示した。この結果から，0～1m 層については

$$K = 0.80$$

とし，1m 層以深については

$$K = 0.46 - 0.03 \cdot Tr \quad (Tr:\ 透明度)$$

として，収熱期における調査点17・8の各水層の輻射量を求め，結果を図8・9に示した。

調査点17・8における5カ年平均の透明度を，表1に示す。

1m 以深における消散係数は，調査点17では平均0.34，調査点8では平均0.19であり，調査点17における海水中各水層ごとの輻射量の減衰は，図8にみる様にかなり急激である。いま仮に，調査点17における海面輻射量を調査点8における消散係数にあてはめて，1m 層以深の輻射量の状況をみると，図10の様になる。各水層ごとの輻射量の減衰は，本来の状況と較べてゆるやかであり，その到達深度は1.6～1.9倍となっている。図4にみる

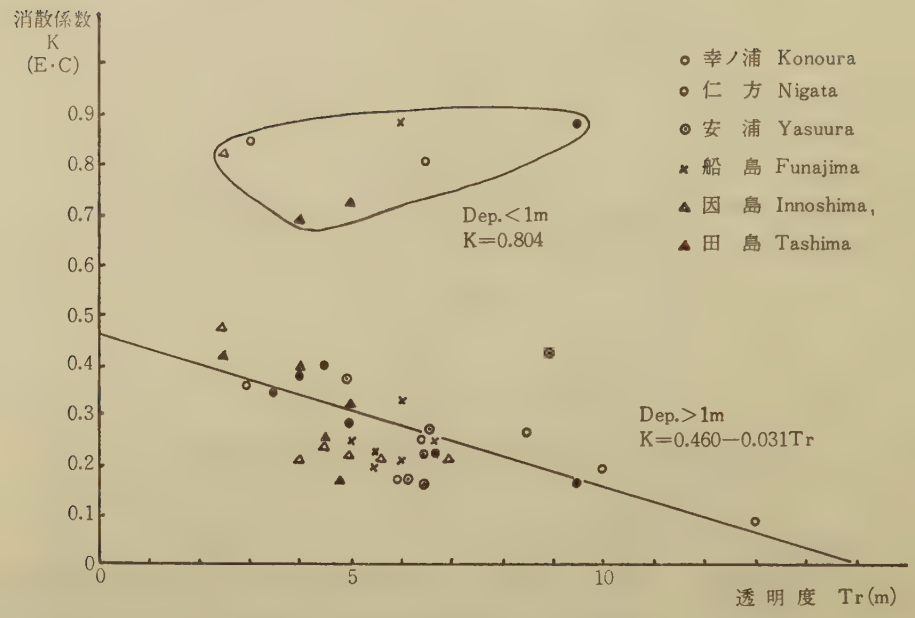


図 7　透明度と消散係数（K）との関係

Fig. 7.　Relationship between Transparency and Extinction Coefficient (K).

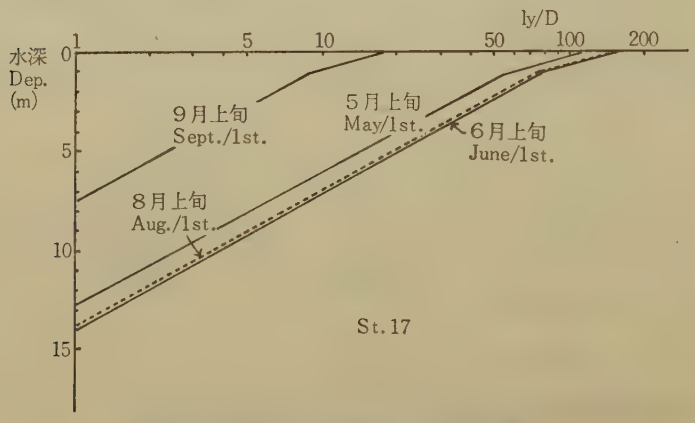


図 8　調査点17の各水層における輻射量

Fig. 8.　Absorption of radiation energy in each layer at St. 17.

表 1　調査点17と調査点 8 における平均透明度（m）（1972-1976）

Table 1.　Mean monthly transparency at St. 17 and St. 8 (1972-1976).

調査点 Station	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	6月 June	7月 July	8月 Aug.	9月 Sept.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.
17	6.7	7.0	7.1	4.1	3.8	3.9	4.2	3.8	4.0	6.0	7.0	8.4
8	7.3	9.7	9.8	8.2	10.1	9.3	8.2	9.0	8.1	7.9	7.6	6.2

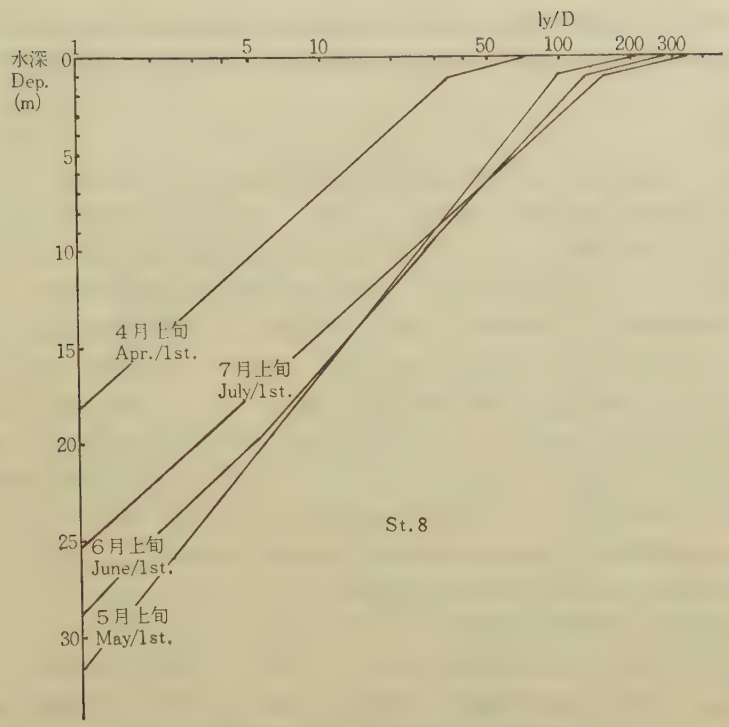


図 9　調査点8の各水層における輻射量

Fig. 9. Absorption of radiation energy in each layer at St. 8.

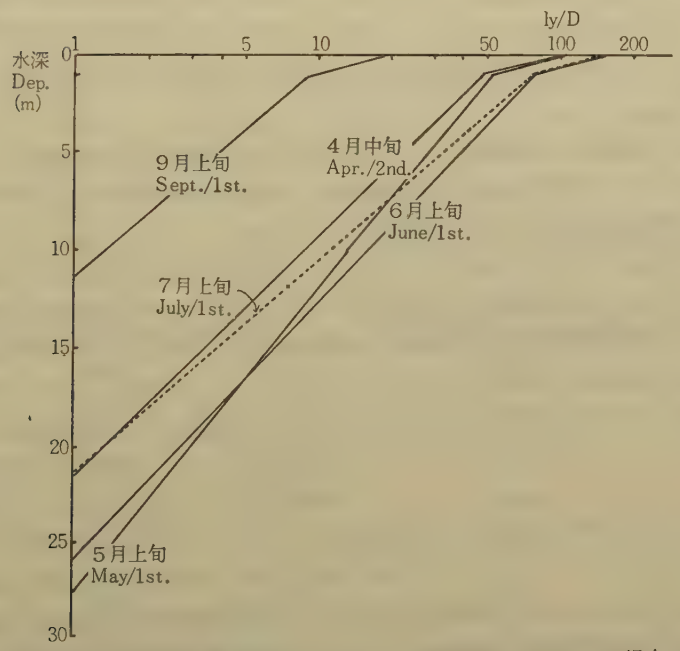


図10　調査点17における海面輻射量を調査点8における消散係数にあてはめた場合の深度別輻射量

Fig. 10. Absorption of radiation energy in each layer at St. 17 which is calculated by Extinction Coefficient of St. 8.

様に，調査点17と調査点8とでは日射による海面幅射量にかなりの差異があるものの，調査点17では調査点8に比し，特に表層で幅射量の吸収が大きく，夏期における強い成層の一因となっている。

b　渦動伝導

以上は，熱伝導のみによる海水中の幅射量の伝播をみたのであるが，つぎに，須田[1]は，熱伝導の他に渦動伝導の力のあることを示し，表層および下層における水温の年および日較差から渦動伝導率（Eddy Conductivity: μ）の算出方法を示している。これによると渦動伝導力とは，乱流状態にある上下2層間には無数の小渦動が存在し，これによって水分子は盛んに入り乱れて海水の上下混合が行われる。いま，上層が高温，下層が低温とすると，上下混合によっても常に上層が高温となるから，熱の移動は常に下向きとなる。冬期における上下層の混合は渦動伝導力によるものではなく，対流によるとされている。

調査点17と調査点8について，5カ年間平均の各水層の水温年較差と，渦動伝導率を求める第4式によって算出した μ_1 を表2に示す。これでみると各水層間の年較差は，調査点8では 0～5m 層間で 0.2°C 0～50m 層間では 1°C にすぎないのに対し，調査点17では 0～5m 層間で 2.5°C，0～17m 層間で 3.5°C の差があり，調査点17では，表層における水温変化に対する下層の水温の追随度の低いことが分かる。このことは，そのまま μ の値に示され，両調査点で表2にみるとおりの差となって表われている。

調査点17に近接して自動海況観測装置（ブイロボット）が1972年に設置され，上層（水面下 0.5m）と下層（水面下 20m）の水温と塩分量を1時間ごとに連続測定している。このうち1976年の1カ年間の水温の資料を用いて，日較差と渦動伝導率を求める第5式から算出した μ_2 を表3に示す。8月以降の μ_2 の値は，年較差の値による μ_1 からして過大と思われ，これは収熱期末期にさしかかっていることも，その一因と考えられる。

ブイロボットの上層のセンサーが，水面下 0.5m に設置されていることに注意を要する。すなわち，日射による幅射熱は図8・9のとおり表層，特に海面において著しく吸収

表 2　調査点17と調査点8における水温年較差と渦動伝導率（1972-1977）

Table 2. Annual variation of water temperature and eddy conductivity at different depth in the St. 17 and St. 8 (1972-1977).

調査点 Station	17		8	
水層 depth (m)	水温年較差 (°C) Annual variation of WT (°C)	μ_1	水温年較差 (°C) Annual variation of WT (°C)	μ_1
0	17.3	—	14.8	—
5	14.8	1.01	14.6	3.36
10	14.2	1.27	14.4	3.39
20	13.8	1.55	14.2	3.93
30	—	—	14.0	4.08
40	—	—	13.9	4.52
50	—	—	13.8	4.75

μ: 渦動伝導率

μ: Eddy Conductivity

表 3　調査点17における水温日較差と渦動伝導率（1976）

Table 3. Diurnal variation of water temperature and eddy conductivity at different depth in the St. 17 (1976).

月 Month	旬 Ten day periods	水温日較差 (°C) Diurnal variation of WT (°C) 0.5 m	20 m	μ_2
6 June	上 1st.	1.9	0.3	2.52
	中 2nd.	2.0	0.3	2.49
	下 3rd.	1.6	0.2	2.37
7 July	上 1st.	1.6	0.3	2.65
	中 2nd.	2.0	0.2	2.26
	下 3rd.	1.8	0.3	2.75
8 Aug.	上 1st.	1.6	0.3	2.65
	中 2nd.	1.9	0.3	2.52
	下 3rd.	2.2	1.3	4.42
9 Sept.	上 1st.	2.3	0.8	3.34
	中 2nd.	2.4	1.6	5.40
	下 3rd.	—	—	—

μ: 渦動伝導率

μ: Eddy Conductivity

され，海水が濁っていると，このことが更に促される。従ってセンサーが水面（0 m）に設置されているのと，水面下 0.5 m に設置されているのとでは，水温の日較差および μ_2 に相当な差異の生ずることが考えられる。従って，実際には，表 3 に示した日較差はもっと大きく，μ_2 はもっと小さな値をとるものと考えられる。

調査点 8 については，ブイロボットが設置されてなく，24時間観測の事例もないので，日較差およびそれからの μ_2 の算出ができないが，表 2 に示した年較差の例からして，調査点17の μ_2 の値より相当大きくなることは容易に推察できる。

渦動伝導によって上層から下層へ運ばれる熱量の各水層ごとの状況，および熱伝導との関係についてはここで検討しなかったが，須田[1] によると，渦動伝導によって運ばれる熱量は，熱伝導によって運ばれる熱量の数千倍に相当し，夏期において，渦動伝動が水温分布に主要な役割を担っているとされている。

(3) 陸水の流入による海域における熱の収受

調査点17は沿岸部に位置しているから，海面における熱の収受には，日射によるものの他に陸水の流入による影響も考えなければならない。

陸水の流入による海域の収受熱量，および海水の熱量は第 6 ・ 7 式で示されている。陸水の熱量も，当然第 7 式と同様に示される。ただし，密度，比熱が陸水では各々 1 であるのに対し，海水では前者がほぼ 1.025，後者が0.95程度である。海水と陸水のこれらの差はわずかであるとみなし，第 6 式をつぎのとおり変換する。

$$\theta_F = V_F \cdot (t_F - t_w)$$

調査点17の近傍へは，太田川からの陸水が流入している。建設省資料による太田川の，5カ年間平均の各月各旬の流量（m^3/sec）と太田川・玖村観測所における同期間・同平均の水温値（t_F），ならびに海水温値（t_w）として，陸水の影響を受けず，図2・3にみるとおり沖合部の特徴が認められる調査点8の，同期間・同平均の 10 m 層水温値を，表4に示す。この結果から前述の式によって計算を行うと，調査点17の近傍へは4月中旬～8月中旬の間，旬平均 $17.8\times10^6 m^3cal$/日（最大 $50.9\times10^6 m^3cal$/日：7月中旬，最小 $3.8\times10^6 m^3cal$/日：8月中旬）の熱量が加わり，日射による熱量と共に，調査点17近傍の表層における強い成層に係わることになる。

(4)　陸水の流入による海域における塩素量の低下

表 4　太田川の流量とその水温，および調査点8における 10 m 層水温

Table 4.　Quantity of flow (Ōta river) and its fresh water temperature, and sea water temperature (St. 8, 10 m layer).

月 Month	旬 Ten day periods	流量 Quantity of flow (m^3/sec)	t_F	tw	月 Month	旬 Ten day periods	流量 Quantity of flow (m^3/sec)	t_F	tw
1 Jan.	上 1st.	53.0	5.8	12.4	7 July	上 1st.	126.5	21.5	19.3
	中 2nd.	60.3	4.5	11.8		中 2nd.	235.5	22.9	20.4
	下 3rd.	65.0	4.3	11.2		下 3rd.	56.0	25.3	21.5
2 Feb.	上 1st.	68.6	3.8	10.6	8 Aug.	上 1st.	47.6	24.2	22.6
	中 2nd.	99.4	4.0	10.5		中 2nd.	62.1	24.0	23.3
	下 3rd.	87.2	5.4	10.4		下 3rd.	67.4	23.8	24.0
3 Mar.	上 1st.	106.0	6.8	10.3	9 Sept.	上 1st.	105.9	22.7	24.7
	中 2nd.	94.8	8.6	10.8		中 2nd.	159.2	21.0	24.2
	下 3rd.	98.8	9.9	11.3		下 3rd.	60.2	20.5	23.7
4 Apr.	上 1st.	100.8	11.3	11.7	10 Oct.	上 1st.	51.7	18.9	23.1
	中 2nd.	99.8	13.0	12.3		中 2nd.	46.4	16.6	22.3
	下 3rd.	106.2	14.4	12.9		下 3rd.	45.1	14.5	21.5
5 May	上 1st.	115.5	15.7	13.5	11 Nov.	上 1st.	45.8	13.7	20.6
	中 2nd.	70.4	17.3	14.6		中 2nd.	64.2	12.0	19.1
	下 3rd.	77.8	18.4	15.7		下 3rd.	52.1	9.6	17.6
6 June	上 1st.	77.7	19.0	16.7	12 Dec.	上 1st.	49.8	8.0	16.1
	中 2nd.	63.2	19.9	17.6		中 2nd.	45.6	7.0	14.9
	下 3rd.	118.9	20.8	18.5		下 3rd.	52.1	6.4	13.7

t_F：陸水温（°C）　　t_F: fresh water temperature (°C)

tw：海水温（°C）　　tw: sea water temperature (°C)

1972年から1976年の夏期（6～9月）における太田川の平均の毎秒流量は 97.7m³/sec であり，このうち1972年は流量が多く（平均 156.1m³/sec），1973年は少なかった（平均 29.1 m³/sec）。この両年をとり上げ，夏期における調査点17の各月層別塩素量と，調査日から次回調査日までの間の太田川の陸水量（m³/sec）との関係を，図11に示す。

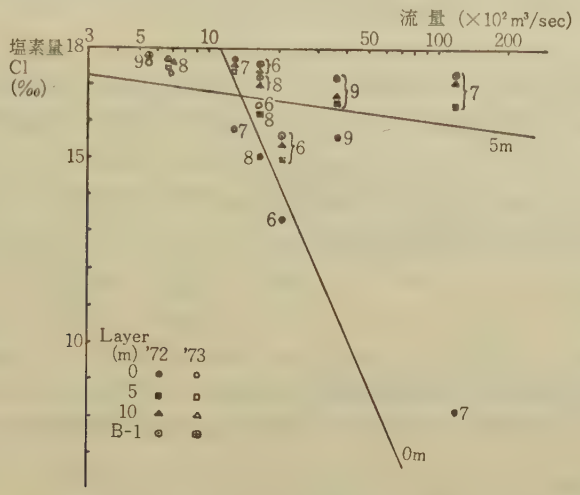


図11 太田川流量と調査点17における各層塩素量（1972，1973）

Fig. 11. Relationship between quantity of flow (Ōta river) and each layer Chlorinity at St. 17 (1972, 1973).

これでみると，0m 層においては両者には相関係数 r＝－0.93 の逆相関がみられるが，5 m 層では r＝－0.26 となり，10m 層および底層（17m）では，ほとんど相関していない。1972年7月の観測（観測日：17日，前回観測日からの経過日数：41日間）では，表面塩素量は 8.18‰を示し，1973～1976年の同月平均表面塩素量（15.80‰）よりかなり低い。このときの太田川の流量は 12,000m³/sec を示している。5m 層の塩素量は16.50‰を示し，0 m 層の状態に対し大差があるが，5m 層以深では0.7～0.8‰増加する程度である。これらのことから，海域に流入する陸水は，海域における表面塩素量には大きく作用するものの，5m 層以深では顕著な働きはみられないといえる。このことは，図2において，表層の σ_t が水域によってかなり差異があるものの，底層では σ_t が22前後の値に収束してくることからもいえよう。

なお，海域に流入した陸水の，沖合への移流等による影響については，今後，研究を重ねていく所存である。

要　　約

1　広島湾奥水域と同湾沖合水域の各1カ所（調査点17：かくま島，調査点8：大館場島）の水温・塩分量特性から，両水域の海水の成層状況を検討した。夏期，前者では強い成層状態となり，垂直安定度（VS）は7・8月はほぼ底層まで10,000以上となるのに対し，後者では，6・8月に VS が5,000未満の状態が 10m 以浅でみられるにすぎない。

2　海水の成層要因を，海面における日射による熱の収受と海面下各水層への伝播の程度，および陸水の流入による海面における熱の収受と塩素量低下に求めて検討した。

(1)　日射　日射による海面への給熱およびその期間は，調査点8の方が調査点17よりかなり大きい。しかし，調査点8では熱伝導によって海面下かなりの深度（最高 30m 以上）にまで幅射量が伝播し，渦動伝導率も調査点17より大きく，従って成層状態も微弱であるのに対し，調査点17では熱伝導，渦動伝導とも調査点8におけるよりも小さく，顕著な成層状態を呈する。

(2)　陸水　調査点17は沿岸部に位置し，従って，成層要因として日射の他，陸水の流入による熱量の加算および表層塩素量の低下がみられ，沖合部（調査点8）の状態とは大きくかけはなれてくる。

以上の成層要因のうち，いずれの作用力が強いかは検討しなかったが，須田[1]によれば，渦動伝導の力は熱伝導のそれの数千倍とされている。

文　　献

1)　須田皖次　1948：海洋科学，古今書院，東京：118-121，163，275.
2)　赤松英雄　1973：日本海南部海域における冬季の海洋・大気間の熱交換量について，海と空　48(4)35-36.
3)　新井　正・西沢利栄　1974：水温論，共立出版，東京：30，32-34.
4)　和達清夫（編）　1967：海洋の事典，東京堂出版，東京：290.
5)　坂本市太郎　1960：流入陸水の沿岸海況に及ぼす影響(Ⅳ)，尾鷲湾ダム放水影響調査団，59-60.

カキ養殖場海底耕うんの効果について

楠　木　　豊

On the Effect of Cultivating Oyster Growing Grounds

Yutaka Kusuki

貝類養殖場における漁場老化は各地とも問題となっており，その対策として客土[1,2]，鉄カラミなどの撒布[3-5]，底土の攪乱・耕うん[6-10]，さらに通気[1,11]などが行われている。その効果については，有効とされたもの[1,3,8,9]もあるが，効果の明確でないもの[4,5,11,12]も多い。

広島県におけるカキ養殖業は，1968年まで筏台数が急激に増加し，それに伴ってカキ生産量も順調に増加していた。これは広島湾周辺海域の生産力の大きさによるものとされていたが，1965年頃から，垂下連のうち，下方のカキの成育が悪いという漁場老化現象がみられるようになってきた。底層の溶存酸素量についても，1961年8月の佐伯郡五日市町地先カキ養殖場で，飽和度約50%という低い値が観測されており[13]，この頃から底層の溶存酸素量の低下が進行していたものと考えられる。このようなことから，その改善策として，佐伯郡廿日市町地御前では，1970年から独自に海底耕うん作業を実施している。広島県としては，1970～1971年に，広島市津久根島周

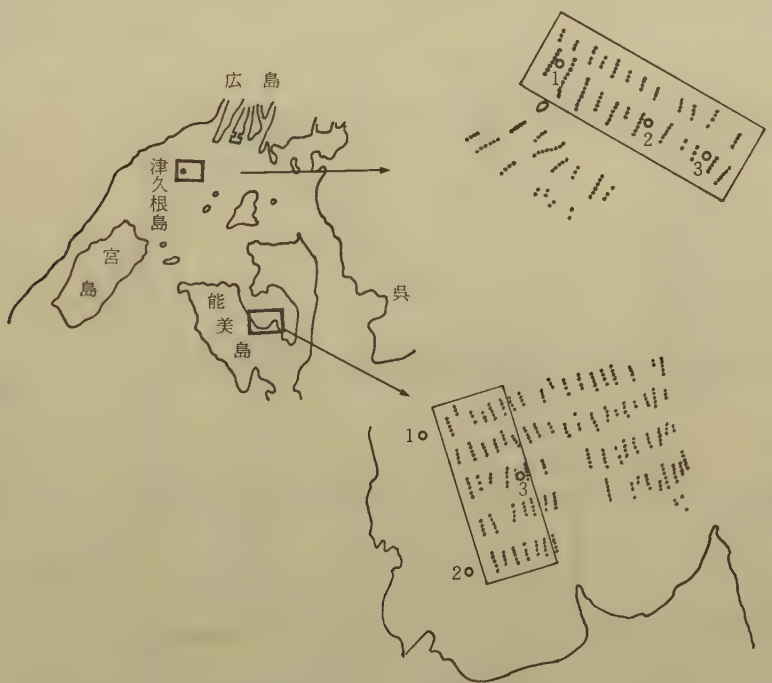


図 1　耕うん調査点図　……，筏の列；□，耕うん区域

Fig. 1. Location of sampling stations in the cultivated area. ……, rows of rafts; □, the cultivated area.

* 水産庁特殊水域維持復旧事業費補助金による。

辺と佐伯郡能美町高田地先との2ケ所のカキ養殖場で海底耕うん事業* を実施した。当場ではこの耕うん事業の効果調査を行うと同時に，室内実験によって耕うんに伴う底泥の変化についても調査し，若干の知見が得られたので，その結果を報告する。

材　料　と　方　法

カキ養殖場の海底耕うん作業は，国土開発株式会社に委託して実施した。佐伯郡能美町高田地先カキ養殖場は1971年1月10～16日，広島市津久根島周辺カキ養殖場は1月20～27日に耕うんが行われた。耕うん実施地域は図1に示した。

耕うん機は，図2に示したように，下面に2×30mm の穴があって加圧水を噴出させ，後部上面には空気を吹き出させる直径 2mm の穴があけられている。耕うん機は曳船で曳き，曳船の船上にポンプとコンプレッサーを置き，ポンプで加圧水を耕うん機に送り込み，強い圧流を底泥中に吹き込んで泥をふき出させる。舞い上った泥は，コンプレッサーから送った空気で拡散させるように設計されている。なお，地御前漁業協同組合が独自に実施している耕うん機は，図3に示した回転式のものである。

採泥は耕うん前と耕うん後の2回行った。高田地先カキ養殖場では1970年12月14日と，1971年1月22日，津久根島周辺カキ養殖場では1971年1月18日と2月8日である。採泥方法は，内径 7.5cm 長さ 1m のスチロール・パイプを，スキンダイビングによって底泥中に静かに挿し込み，底泥の成層をくずさぬようにして柱状採泥した。これを分析時まで −20°C で凍結保存し，

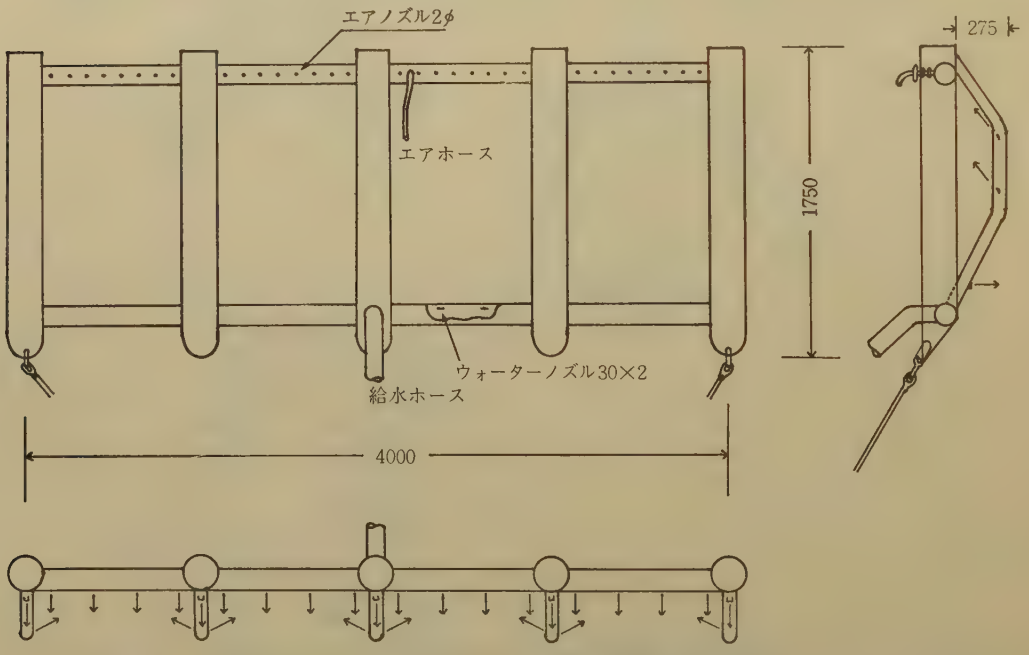


図 2　ウォーターゼット・エアレーター方式海底耕うん機（国土開発株式会社製）
矢印は水流の方向を示す（単位mm）

Fig. 2.　Cultivator with high pressure water nozzles and air bubble nozzles. Arrow indicates the direction of water flow.

分析に際しては 0cm (0～2cm), 5cm (4～6cm), 10cm (9～11cm) のように 5cm 間隔毎に 2cm 巾の泥を切りとって供試した。分析は COD[14], 酸素消費量[14], 硫化物量[14] とケルダール窒素量を測定した。津久根島周辺カキ養殖場の底質については，奥田の方法[15]による振とう溶出栄養塩類についても測定した。

耕うんに伴う底質の変化，特に硫化物量の変化を詳しく調査する目的で室内実験を実施した。1971年6月11日に，安芸郡音戸町地先カキ養殖場で，同じ所から数本柱状採泥した。実験室に持帰ってから，泥上の海水を入れたままの状態で，コンプレッサーからのエアーを，内径 4mm のガラス管を通して吹き込んだ。最初は泥の表層をよく攪乱し，次第に深くガラス管の先を泥中に入れて泥を攪乱し約 10cm の深さまで，何度も挿入をくりかえして泥をよく攪乱した。数本を同じように攪乱後，スチロール・パイプの外側にしゃ光膜を巻いて光をさえぎり，これを流水槽に浸けて温度の変化を少なくした。この水槽の温度は 16～18°C であり，変化は少なかった。これを6月24日，7月6日，7月23日に各1本ずつ取り出して分析に供した。また一部は6月24日に再び同様な方法で泥を攪乱し，流水槽の中に浸けておき，7月6日と7月23日に取り出して分析に供した。分析項目は，現場調査と同じであるが，更にフェオフイチン量[16]と酸化還元電位を測定した。酸化還元電位は東亜 RM-1 型によって測定し，水素標準電極で pH 7 に換算して比較した。

結　　果

1. カキ養殖場耕うん調査

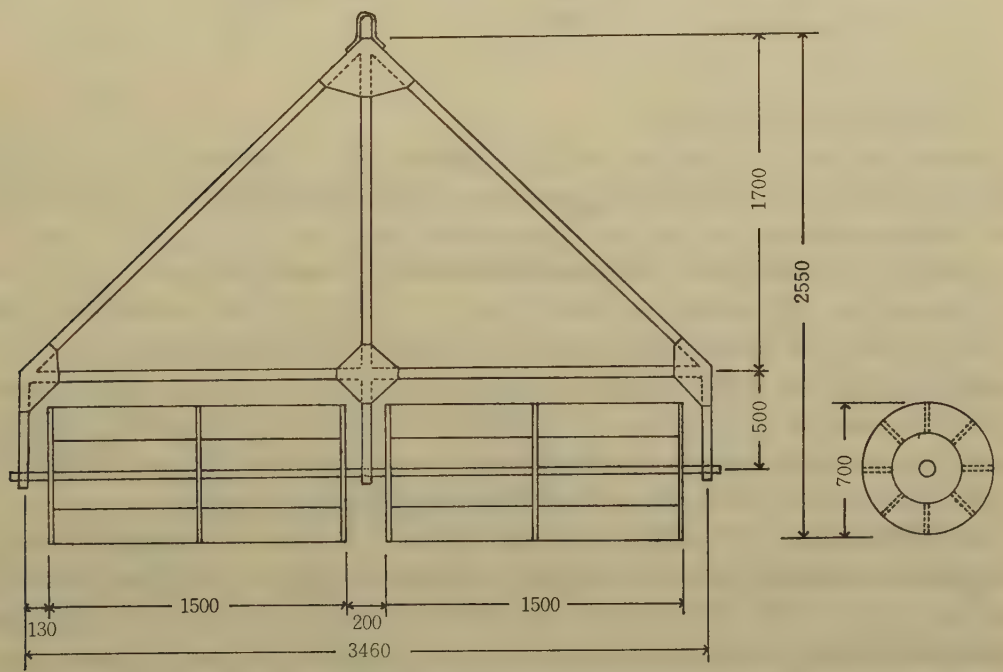


図 3　回転式海底耕うん機（単位mm）

Fig. 3.　Cultivator.

表 1　耕うんが底質の性状に及ぼす影響（高田カキ養殖場）

Table 1. Effects of cultivating oyster grounds on sediment characteristics (Takata oyster ground)

調査点 St.	深さ Depth (cm)	乾泥含量 Mud content (%)		COD (mgO_2/g dry mud)		酸素消費量 Oxygen consumption (cc/g dry mud)		硫化物 Sulphide (mg S/g dry mud)		有機窒素量 Organic nitrogen content (%)	
		耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*
1	0	29.7	35.3	17.6	26.1	0.17	0.28	0.09	0.30	0.20	—
	5	33.6	37.5	27.1	27.0	0.47	0.58	0.27	0.52	0.22	—
	10	36.8	36.7	21.0	26.7	0.46	0.71	0.32	1.38	0.21	—
	15	38.1	34.7	25.1	36.4	0.42	1.29	0.30	3.99	0.18	—
	20	39.4	34.9	21.0	29.7	0.41	1.08	0.32	0.82	0.16	—
	25	39.2	42.0	17.9	22.5	0.48	0.75	0.34	0.67	0.17	—
	30	40.2	42.6	19.8	—	0.40	0.28	0.26	0.67	0.17	—
	40	42.5	44.4	10.0	14.2	0.37	0.23	0.18	0.23	0.15	—
	50	—	45.4	—	9.6	—	0.16	—	0.22	—	—
2	0	28.6	27.6	18.6	40.0	—	—	0.11	0.49	—	0.39
	5	39.8	28.2	24.5	39.9	0.47	0.85	0.47	1.47	—	0.32
	10	41.0	35.3	25.0	43.8	0.61	0.71	0.75	0.87	—	0.22
	15	41.6	38.0	20.2	22.0	0.77	0.13	0.53	0.44	—	0.21
	20	45.1	42.1	20.3	18.4	0.41	0.33	0.27	0.25	—	0.17
	25	—	45.1	—	18.3	—	0.11	—	0.22	—	0.16
3	0	28.0	25.3	41.2	26.7	1.15	0.63	1.16	0.52	0.29	0.22
	5	36.9	30.0	28.1	22.6	0.89	0.92	1.05	0.91	0.27	0.30
	10	38.0	36.5	23.4	24.7	0.76	0.55	0.47	0.53	0.23	0.20
	15	36.7	36.7	34.0	21.7	0.53	0.58	0.56	0.32	0.18	0.28
	20	39.5	38.1	22.5	20.3	0.72	0.47	0.27	0.32	0.20	0.15
	25	40.6	39.9	21.0	16.3	0.58	0.39	0.31	0.58	0.18	0.11
	30	40.9	40.8	17.2	14.0	0.48	0.25	0.25	0.32	0.13	0.18
	40	43.9	42.1	19.0	14.6	0.46	0.38	0.23	0.23	0.16	0.15

* B, before cultivation; A, after cultivation

1）能美町高田地先カキ養殖場

採泥は3カ所で行った。このうち，St. 1, 2 は養殖場外，St. 3 は養殖場内である。耕うん前後の底泥分析値は表1にまとめて示した。このうち，COD，硫化物量等については，別に図（図4）でも示した。

乾泥含量は，耕うん前後とも，一般的に表層は25～30%，5 cm で30%以上となり，深くなるほど高い値となる。耕うん前後の値を比較してみると，St. 2 と 3 では耕うん後の値のほうが低くなっているが，St. 1 では逆となっており，耕うん前後での値の変化傾向は一定していない。

COD は，耕うん前，養殖場外の St. 1, 2 では 0～20cm 深で 20～25mgO_2/g 乾泥であり，それ以深では 20mg O_2 以下であるが，St. 3（養殖場内）の上層では高い値で，表層では40以上となっている。これが耕うんによって，養殖場外の地点はいずれも高い値となり，一方養殖場内では低くなっており，ここでも，耕うん前後で明瞭な変化傾向は認められない。

酸素消費量は，耕うん前の上層部で，養殖場外の St. 1, 2 では大体 0.6cc/g 乾泥以下と低い値であるが，養殖場内の St. 3 は高い値であり，表層では 1cc 以上となっている。これが耕うんによって，St. 1 は高い値になり，特に 15～20cm では 1cc 以上となっているが，St. 3 は全般的に低い値となっている。

硫化物量は大体 0.5mg S/g 乾泥以下であるが St. 3（養殖場内）では 1 mg 以上の高い値となっている。耕うんを行うと，St. 3 はあまり変化していないが，St. 1 では耕うん前より増加し

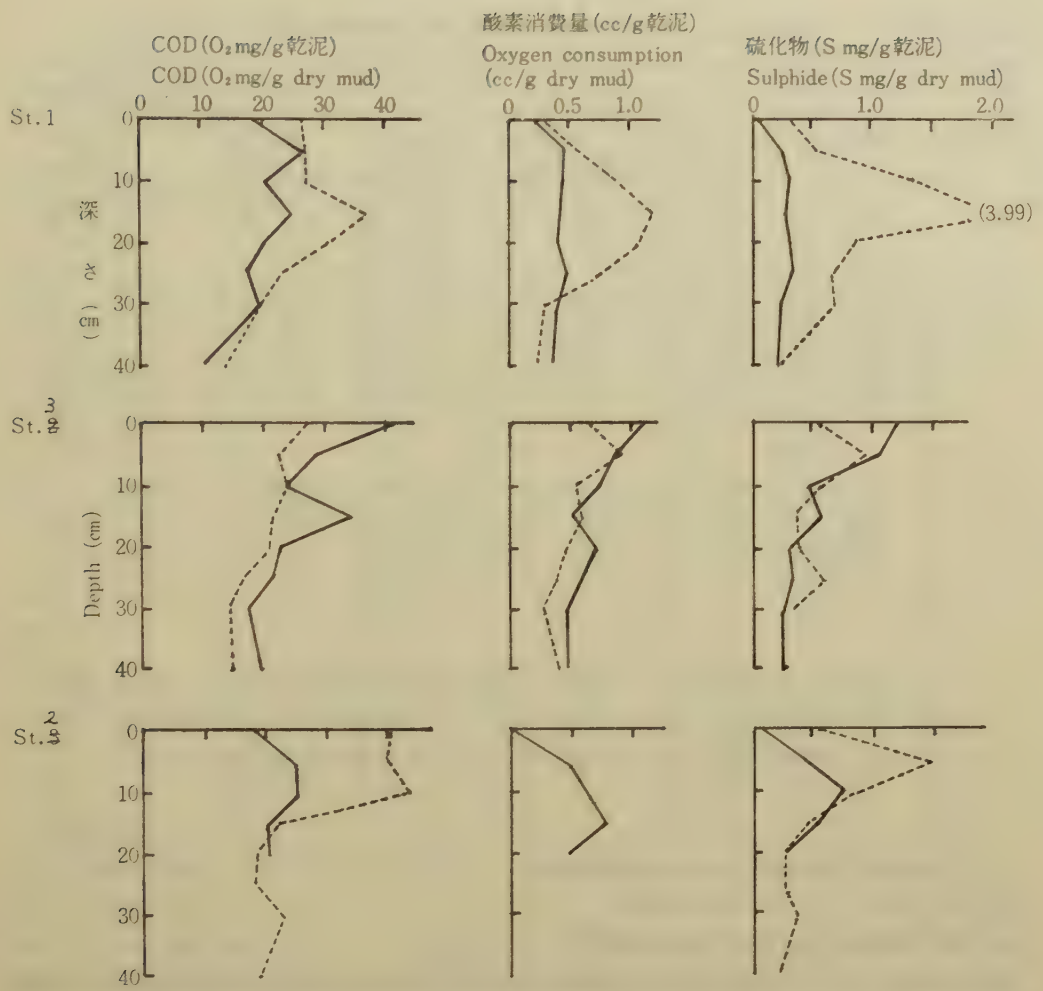


図 4　耕うんによる底質性状の変化（高田カキ養殖場），——耕うん前；……，耕うん後

Fig. 4. Comparisons of the sediment characteristics before and after cultivation at Takata oyster growing ground. ——, Before cultivation; ……, after cultivation.

ており，St. 1 の 15cm の深さでは約 4mg と，特に高い値となっている。

有機窒素量は，St. 3 だけが耕うん前後の値の比較ができる。これによると，耕うん前後の値に，あまり大きな変化は認められない。

これらの調査結果を通してみると，耕うん前後の値に，明確な変化傾向を求めることはできない。ただ硫化物量が，耕うん後増加するのが認められる。

2)　津久根養殖場

ここでの採泥点はいずれも養殖場内である。調査結果はまとめて表 2 に示し，その一部は図 5 にも示した。

乾泥含量は，0～5cm 層では30%以下であり，それ以深では30%であり，深くなるほど高い値になることは江田湾と同じであるが，40%以上の所は少なく，江田湾より全般的に低い値である。COD は，10cm 以浅で，いずれも 30mg O_2/g 乾泥と高い値である。乾泥含量，COD と

表 2　耕うんが底質の性状に及ぼす影響（津久根カキ養殖場）

Table 2. Effects of cultivating oyster grounds on sediment characteristics (Tsukune oyster ground)

調査点 St.	深さ Depth (cm)	乾泥含量 Mud content (%)		COD (mg O_2/g dry mud)		酸素消費量 Oxygen consumption (cc/g dry mud)		硫化物 Sulphide (mg S/g dry mud)		有機窒素量 Organic nitrogen content (%)		振とう溶出アンモニア Soluble ammonium (μg N/g dry mud)	
		耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*	耕うん前 B*	耕うん後 A*
1	0	19.8	21.6	50.5	34.5	1.16	0.83	0.30	0.48	0.34	0.26	26.7	56.7
	5	26.2	28.6	39.8	38.9	1.18	1.05	0.38	1.68	0.30	0.26	31.6	49.3
	10	33.9	33.2	23.7	25.2	1.12	1.11	1.34	0.87	0.25	0.24	20.5	60.9
	15	35.1	32.9	31.4	30.8	1.08	1.06	1.29	1.93	0.24	0.22	27.2	63.1
	20	35.5	32.8	33.4	30.5	0.70	0.64	0.31	0.58	0.20	0.21	24.0	30.7
	25	37.7	34.6	28.9	21.2	0.64	0.32	0.27	0.45	0.16	0.18	19.4	35.7
	30	38.1	34.2	26.1	25.7	0.60	0.53	0.20	0.39	0.18	0.18	12.7	27.7
	40	—	39.3	—	19.3	—	0.48	—	0.26	—	0.17	—	22.4
2	0	25.1	22.1	26.9	33.8	0.56	0.45	1.27	0.06	0.26	—	29.1	51.3
	5	36.1	29.5	32.7	43.6	0.89	0.64	1.26	1.55	0.25	—	21.0	33.4
	10	34.9	35.0	34.3	32.8	0.69	0.21	0.50	0.57	0.22	—	27.2	68.9
	15	38.0	38.2	30.1	24.9	0.39	0.31	0.19	0.64	0.19	—	17.4	35.3
	20	39.8	39.3	27.7	25.2	0.25	0.25	0.22	0.18	0.18	—	15.5	19.8
	25	39.5	39.3	26.3	13.4	0.08	—	0.20	0.21	0.18	—	13.7	7.9
	30	—	39.8	—	24.2	—	—	—	0.11	—	—	—	3.6
	40	—	41.5	—	13.8	—	—	—	0.24	—	—	—	6.1
3	0	22.9	24.8	36.7	36.3	0.13	0.89	1.04	0.43	0.31	0.30	32.7	155.6
	5	33.3	31.2	38.8	37.6	0.84	1.25	0.90	1.26	0.23	0.26	40.0	101.5
	10	36.2	32.0	30.2	39.9	0.28	1.13	1.01	1.00	0.21	0.27	49.4	87.4
	15	36.3	34.5	29.9	27.4	0.11	0.87	0.43	0.58	0.21	0.23	44.2	21.7
	20	38.2	34.9	23.2	18.9	0.16	0.52	0.21	0.38	0.19	0.22	24.7	70.1
	25	39.6	37.2	22.5	15.3	0.38	0.70	0.17	0.30	0.17	0.20	19.1	21.5
	30	39.5	38.6	28.4	27.9	—	0.65	0.30	0.21	0.19	0.19	7.3	18.5
	40	—	40.3	—	24.2	—	0.52	—	0.13	—	0.18	—	52.1

* B, before cultivation; A, after cultivation

もに，耕うん前後における変化は明らかではない。

酸素消費量は，St. 2 を除いて，10～15cm の深さまで 1cc/g 乾泥以上の高い値である。耕うん前後の値を比較すると，St. 1 は変化なく，St. 2 は耕うん後低くなり，St. 3 は逆に高くなっており，一定の傾向はみられない。

硫化物量は，5～10cm 以浅で 1mg S/g 乾泥以上の高い値である。耕うん後，St. 2 と 3 は耕うん前と大差ないが，St. 1 は増加している。

有機窒素量は，St. 2 の表層で約0.25%と低い値であるが，St. 1 と 3 の表層は0.3%以上の高い値である。耕うん後，St. 1 では減少しているが，St. 3 では増加しており，一定の傾向はみられない。

振とう溶出アンモニウム塩は，耕うん前は約 30μg-at N/g 乾泥以下であるが，St. 3 では40～50μg-at の高い値を示している。耕うん後には，St. 1, 2 とも60～70μg-at と多くなり，St. 3 では表層で約 160μg-at と，いずれも著しく増加している。

以上の調査結果から，乾泥含量，COD，有機窒素量，酸素消費量には，耕うん前後の値に明らかな変化は認められない。硫化物量は，耕うん前の値とくらべて，ほぼ同じ値か，もしくは高い値となり，いずれも江田湾内のカキ養殖場での変化と同じ傾向を示している。振とう溶出アンモニウム塩は，耕うん前の値とくらべて明らかに増加しており，耕うん前の値の 2 倍以上の高い値となっている。

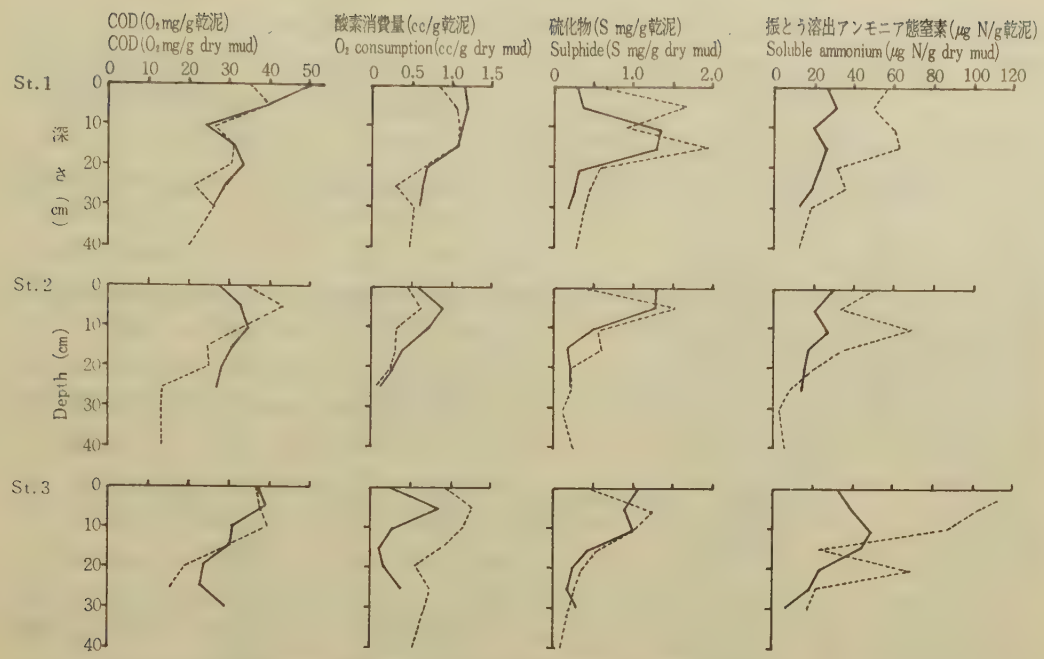


図 5　耕うんによる底質性状の変化（津久根カキ養殖場），——，耕うん前；……，耕うん後

Fig. 5.　Comparisons of the sediment characteriatics before and after cultivation at Tsukune oyster growing ground. ——, Before cultivation; ……, after cultivation.

2.　室内実験

室内実験の結果は，表 3 にまとめて示した。泥の攪拌によって，表層泥の乾泥含量が低下しており，それだけやわらかくなったことを示している。 また表層で高い値を示す COD，有機窒素量が，いずれも低い値になっている。硫化物量は，攪拌前の表層で約 0.4mg S/g 乾泥である。攪拌後もその増加はみられず，また攪拌回数によっても差はみられない。

酸化還元電位は，攪拌前には下層の方が低い値となっており，約 −100mV である。攪拌によって，電位がわずかに低下するようにもみられるが，変化は著しくなく，むしろ変化していないとみるのが妥当であろう。

フェオフイチン量は，攪拌前，表層が多く，下層になるほど低い値になっている（図 6 ）。 攪拌によって，表層の高い値が低くなっており，攪拌の影響によるものであることを示している。しかし，攪拌は，深さ 10cm までは十分に行ったのに，10cm の深さでのフェオフイチン量は攪拌前の値に近い。このことから， 10cm までの攪拌混合が，空気を吹き込む方法では困難であることを示している。

振とう溶出アンモニウム塩（図 7 ）は，攪拌前は 30〜40μg-at N/100g 乾泥であるが，攪拌後 2 週間目の 6 月24日には，表層で著しく増加し，約 1 カ月後の 7 月 6 日には， 10cm 以浅で 100 μg-at 以上の高い値となっている。この傾向は 6 週間後の 7 月23日でも続いている。 2 回攪拌したものでも，その傾向はかわらない。

振とう溶出栄養塩としては，このアンモニウム塩のほかに，硝酸態窒素と亜硝酸態窒素とがあるが，亜硝酸態窒素は殆んど検出できないことが多い。硝酸態窒素は，攪拌前 20μg-at N/100g 乾泥以下であった。攪拌後の 6 月24日には40〜50μg-at と増加しているが， 7 月 6 日には著しく

表 3　耕うんが底質の性状に及ぼす影響（室内実験），6月11日に攪拌を行い，その一部は6月24日に2回目の攪拌を行った

Table 3. Effects of cultivating oyster grounds on sediment characteristics (laboratory conditions). Samples were agitated on June 11 and some of them were agitated twice on June 24.

深さ Depth (cm)	攪拌前 Before agitation	攪拌後日数 Days after agitation: 1回攪拌 Agitated once			2回攪拌 Agitated twice	
		13	25	42	12	29
	6月11日 June 11	6月24日 June 24	7月6日 July 6	7月23日 July 23	7月6日 July 6	7月23日 July 23
乾泥含量 Dry mud content (%)						
0	29.2	25.9	24.1	24.3	24.7	25.8
5	33.2	29.3	27.4	29.4	27.3	28.4
10	36.0	36.1	34.6	35.2	30.1	33.0
15	38.3	38.7	36.9	38.7	40.7	39.9
20	38.0	42.7	42.3	41.7	42.4	42.1
25	—	43.2	43.7	44.0	41.6	43.8
30	43.0	42.6	43.1	44.5	43.1	42.6
35	—	—	—	—	—	44.6
40	44.7	44.5	—	44.7	43.6	—
酸化還元電位差 Eh						
0	−25	−45	−40	−35	−52	−30
5	−46	−63	−90	−110	−87	−52
10	−114	−88	−95	−112	−81	−78
15	−79	−117	−105	−95	−112	−113
20	−98	−114	−131	−114	−120	−117
25	—	−121	−100	−111	−76	−58
30	−97	−106	−111	−85	−116	−111
35	—	—	—	—	—	−122
40	−106	−98	—	−103	−96	—
COD COD						
0	22.3	15.6	28.4	19.8	20.0	21.6
5	17.5	16.3	24.6	22.0	19.2	22.8
10	18.5	19.9	22.0	17.4	18.3	23.7
15	20.2	17.6	22.7	16.1	17.8	19.4
20	15.8	14.5	17.9	14.0	16.1	14.2
25	—	15.8	15.2	13.3	17.2	11.4
30	11.8	12.7	16.4	—	17.6	15.1
35	—	—	—	—	—	12.9
40	13.2	10.0	—	12.2	14.1	—

深さ Depth (cm)	攪拌前 Before agitation	攪拌後日数 Days after agitation: 1回攪拌 Agitated once			2回攪拌 Agitated twice	
		13	25	42	12	29
	6月11日 June 11	6月24日 June 24	7月6日 July 6	7月23日 July 23	7月6日 July 6	7月23日 July 23
有機窒素量 Organic nitrogen (mg/g dry mud)						
0	2.7	2.2	2.2	2.2	—	—
5	2.2	2.1	2.3	2.2	—	—
10	1.9	1.9	1.9	2.2	—	—
15	1.6	1.9	1.7	1.9	—	—
20	1.5	1.6	1.6	1.9	—	—
25	—	1.6	1.5	1.6	—	—
30	1.4	1.5	1.4	1.6	—	—
35	—	—	—	—	—	—
40	1.3	1.4	—	1.5	—	—
硫化物 Sulphide (mg S/g dry mud)						
0	0.15	0.30	0.40	0.28	0.26	0.29
5	0.40	0.29	0.39	0.41	0.28	0.33
10	0.38	—	0.40	0.34	0.22	0.28
15	0.33	—	0.39	0.30	0.19	0.36
20	0.16	0.26	0.17	0.29	0.19	0.21
25	—	0.17	—	0.27	0.18	0.24
30	0.03	0.25	0.34	0.25	0.25	0.29
35	—	—	—	—	—	—
40	0.15	0.17	—	—	0.20	—
振とう溶出硝酸態窒素 Soluble nitrate N (μg-at N/100g mud)						
0	21	56	26	36	23	29
5	—	39	8	26	16	68
10	—	32	14	20	13	27
15	12	15	7	19	7	21
20	17	14	4	27	18	19
25	—	36	8	23	22	18
30	3	—	8	—	7	22
35	—	—	—	—	—	15
40	12	19	—	12	20	—

少なくなり，7月23日に再び増加している。この傾向は，深さ 20cm 以深の，攪拌されていない所でも同じであり，これは底泥の違いによる差と考えられる。したがって，攪拌によって，振とう溶出硝酸態窒素量は変化しないと考えてよいであろう。

これらの実験結果からみて，十分に攪拌，耕うんすれば，酸化還元電位も変化せず，硫化物量の増加もみられないといえる。そして振とう溶出アンモニウム塩だけが著しく増加することが明らかとなった。

底泥の攪拌によって，その上層水へ栄養塩類が溶出していると考えられる。底泥をよく攪拌すると，上層水は泥で濁るが，塩類による微粒泥の擬集のため，約2時間で海水と分離し，上層水は透明となる。この水中の栄養塩量を測定した。その結果，アンモニア態窒素だけが顕著に増加し，その他のものはあまり変化がみられなかった。アンモニア態窒素は，6月11日の1回目の攪拌で 27.1μg-at N 溶出し，6月24日の2回目の攪拌で 54.6μg-at N 溶出してきた。このコアの直径は 7.5cm であるから，この溶出量は，それぞれ 0.61μg-at N/cm^2，1.24μg-at N/cm^2 となる。2回目の攪拌では，1回目の攪拌での溶出量の2倍溶出していることになる。水深 10m の所で耕うんし，これと同じ量のアンモニウム塩が溶出したとすると，海水中でのアンモニウム塩の増加は 0.6μg-at N/l と 1.2μg-at/l となり，量そ

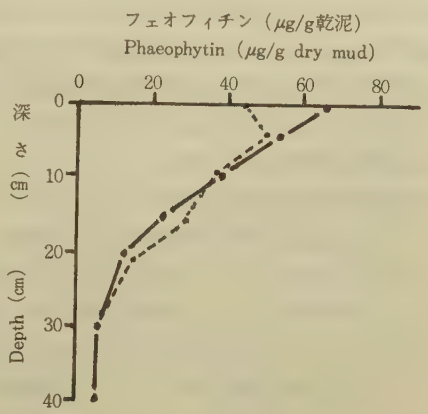


図 6　底泥の攪拌によるフェオフィチン量の変化，——，攪拌前；……，攪拌後（6月24日）

Fig. 6. Change in phaeophytin before and after agitation of mud. ——, Just before agitation; ……, after agitation (June 24).

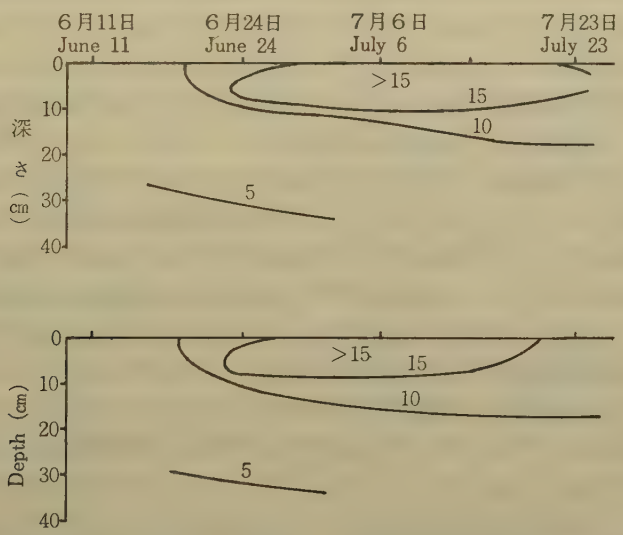


図 7　底泥の攪拌による振とう溶出アンモニア態窒素量の変化（μg/g 乾泥）．上，6月11日攪拌；下，6月11日と6月24日の2回攪拌

Fig. 7. Change in soluble ammonium nitrogen after agitation of mud in μg/g dry mud. Upper, agitated on June 11; lower, agitated twice on June 11 and 24.

のものはあまり多くはない。

考　　察

これまで行われてきた海底耕うん効果調査[8,9]では，有機炭素量，COD などを指標として，その効果が判定されている。しかし，その変化はわずかであり，耕うん前及び耕うん後の各々の測定値の巾の方が大きくて，平均的な差から効果が認められている。このことは今回の調査でも同じように認められる。耕うん前後の COD，酸素消費量，有機窒素量は変化が少なく，効果判定の指標として用いるのには，必ずしも適当とはいえないようである。測定項目のうちで，耕うん前後に変化の認められたのは硫化物量と振とう溶出アンモニア態窒素であり，特にアンモニア態窒素の増加は明白であった。

硫化物量は，田中ら[10]によると，耕うん後に増加し，その影響は1年間も続くと報告している。今回の調査でも，表層ではあまり変わらないが，5～20cm の深さの所で，耕うん後硫化物量が著しく増加している例がみられた。耕うんによって硫化物量が増加するとすれば，耕うんはむしろ逆効果を招くことになると考えられる。硫化物量の増加は，耕うんが十分でないためではないかと考え，室内実験によって底泥の攪拌を十分に行い，硫化物量の消長を調べた。その結果，十分に攪拌，耕うんすれば，硫化物量は増加しないことが明らかとなった。

耕うんすると底泥中のアンモニア態窒素が増加する。水田土壌で，酸化層泥を還元状態にすると多量のアンモニア態窒素が生成[17]し，したがって酸化層土壌と還元層土壌を混和することによってもアンモニア態窒素が生成するという[17,18]。海底耕うんの場合のアンモニア態窒素の増加が何によるのかは不明であるが，水田土壌と同じような理由によるのかもしれない。底泥中では有機物が分解され，可溶性窒素が生成し，これが海水中に溶出していると考えられている[19]。したがって，耕うんによって生成されたアンモニア態窒素は，次第に海水中に溶出してゆくものと考えられる。この溶出に際しては，まず可溶性となり，間隙水中に入ると考えられる。間隙水中無機態窒素量は季節的変化をし，冬季にはアンモニア態窒素は少なくなる[20]。そして，この間隙水中アンモニア態窒素量の2～3倍の量が振とう溶出される[21]ようである。

底泥は攪拌されると，栄養塩が海水中に溶出してくる[15,22]。このうち無機態窒素は大部分がアンモニア態であり，亜硝酸態及び硝酸態窒素の量は少ない[15,22]といわれ，むしろ泥土に吸着されるのか，亜硝酸態および硝酸態窒素は，減少する場合もあり，今回の実験結果と一致した結果が得られている。実際に耕うんを行った実験[23]でも，海水中の栄養塩が増加することが認められている。今回の室内実験では，1回目の攪拌で 0.61μg-at N/cm^2，2回目の攪拌で 1.24μg-at/cm^2 のアンモニア態窒素が溶出した。2回目の攪拌で，1回目の溶出量の約2倍も溶出したのは，攪拌・耕うん後の振とう溶出アンモニア態窒素の増加で示されるように，1回目の攪拌で生成した易溶性アンモニア態窒素が溶出したものと考えられる。

海底耕うんの目的は，蓄積した有機物の分解・溶出を促進することにあると考えられる。今回の調査は窒素量を指標としているので，窒素量についてみると，底泥の攪拌，耕うんによる窒素の海水中への直接溶出量はこれにあたるといえる。また，振とう溶出窒素量は易分解性有機窒素とみることができ，これは次第に溶出してゆくと考えられるので，これも含まれよう。この2つの量の，底泥有機窒素量に対する割合が，耕うんの効果とみることができる。各々をもう少し詳しく検討して，耕うんの効果を算出してみよう。

室内耕うん実験で，底泥の攪拌によるアンモニア態窒素の海水中への溶出量は 0.61μg-at N/

cm^2, すなわち 8.5μg N/cm^2 であった。これは 10cm までの深さの泥の攪拌によるものとし，泥の比重を1.6，乾泥含量を34%とすると，溶出量は 2.2μg N/g 乾泥となる。振とう溶出アンモニア態窒素は約 100μg-at N/100g 乾泥，すなわち 14μg N/g 乾泥となる。この合計 16.2μg/g 乾泥の，底泥中有機窒素量（2.2mg/g 乾泥）に対する百分率は0.7%となり，耕うんの効果は極めて低いといえる。しかし，底泥中有機物は，分解困難な腐植として存在している量が多い。したがって，易分解性の窒素量に対する耕うんによる分解・溶出量をみるのが正しいといえよう。易分解性有機物量を直接測定することはむずかしいので，底泥の酸素消費量から推定してみよう。養殖場表層泥の酸素消費量は約 1cc/g 乾泥である。これは1日の測定値であり，全酸素消費量ではない。この両者の関係は明らかではないが，1日の酸素消費量の10倍を全酸素消費量とする[24]と 10cc/g 乾泥となる。酸素 1cc は 0.8mg の有機物量に相当し，その 1/12 が窒素量であるとすると，易分解性有機窒素量は 67μg となる。したがって，10cc では 670μg となり，この易分解性有機窒素量に対する分解・溶出量（16.2μg）は2.4%となる。津久根養殖場での振とう溶出アンモニア態窒素は約 40μg/g 乾泥であり，直接溶出量 2.2μg を加えると，ここでの分解・溶出量は 42.2μg/g 乾泥となる。これの，易分解性有機窒素量に対する割合は6.3%となる。今回の調査では，耕うんの際に溶出してくる溶存有機窒素量は測定していないが，これを加えると，耕うん効果は更によくなると考えられる。また耕うんを繰返すと，2回目の耕うんの際の溶出量は1回目よりも多いので，耕うん効果が一層向上する。したがって，繰返して耕うんすれば，海底耕うんの効果は十分にあるといえよう。

要　　約

1. カキ養殖漁場2カ所で海底耕うんを行い，耕うん前後の底質の変化を調べた。また，底泥の攪拌に伴う底質の変化をより詳しく研究する目的で室内実験を行った。
2. 耕うん前後の底質の COD，酸素消費量，有機窒素量にはめだった変化はみられなかった。
3. 硫化物量は，深さ 2～5cm の所で，増大する例がみられた。しかし，室内実験で，攪拌を十分にすれば，硫化物量の増加は起らなかった。
4. 振とう溶出アンモニア態窒素は，耕うん後著しく増加した。室内実験の結果では，100μg-at N/100g 乾泥以上に達した。
5. 底泥の攪拌に伴うアンモニア態窒素の海水中への溶出量は，1回の攪拌で0.61μg-at N/cm^2 に達し，これは約 2.2μg N/g 乾泥に相当する。
6. 底泥の攪拌・耕うんによるアンモニア態窒素の溶出，振とう溶出アンモニア態窒素の増加を，耕うんによる底質有機物分解促進に対する効果とみると，この量は 16.2μg N/g 乾泥となる。これの底質有機窒素量に対する割合0.7%が，耕うんの効果といえる。
7. 底質中には分解困難な腐植質が多いので，易分解性有機物量を底質酸素消費量から推定し，これに対する溶出・分解量としてみると，耕うんの効果は2.5～6.3%となる。
8. 耕うんを繰返すと，その効果は倍加されるので，繰返し耕うんすることが望ましい。

文　　献

1. 島根県水産試験場　1955：牡蛎異常へいし防止試験，島根水試事業報告（昭和17～28年度），525-527.
2. 島根県水産試験場　1961：へい死対策によるキャク上作業，島根水試対馬暖流開発調査報告，昭和28～

31年度，943.
3. 関　政夫・柴原規計　1967：真珠漁場における酸化鉄の撒布効果について，三重水試事業報告（昭和40年度），221-228.
4. 寺島　朴・浮田和夫　1969：貝類漁場底質改良試験，岡山水試昭和43年度事業報告，133-139.
5. 寺島　朴・浮田和夫　1970：貝類漁場底質改良試験，岡山水試昭和44年度事業報告，105-114.
6. 島根県水産試験場　1953：牡蛎増殖試験報告書，1-33.
7. 坂井英世・山吹孝司・金子英二郎　1965：加茂湖養殖漁場開発試験調査，新潟水試事業報告（昭和40年度），435-484.
8. 沢田保夫・谷口宮三郎　1967：真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究Ⅳ．老化漁場における底質の性状とその改良方法の一例について．国立真珠研報，12，1379-1408.
9. 上野福三　1964：真珠漁場における餌料基礎生産と漁場の海洋構造についてⅡ．海水並に底泥の性状の季節変化と海底耕耘の効果について，三重県大紀要，6，145-171.
10. 田中俊次・藤田真吾・西村元延・林　優行　1968：海底耕耘による底質改善について．京都府水試業績第31号，72-89.
11. 三重県水産試験場　1966：真珠漁場における送気効果について．三重水試事業報告（昭和39年度），144-149.
12. 古川　厚・鈴木正也・中村達夫　1958：浅海養殖生産性の生物学的研究（第2報）ハマグリ種苗地の耕耘効果について．内水研研報，11，59-79.
13. 広島県水産試験場　1962：広島湾カキ養殖漁場の海況調査．広島水試報，23（1），17-63.
14. 松江吉行編　1965：水質汚濁調査指針新版．468頁，恒星社厚生閣，東京.
15. 奥田泰造　1953：内湾底土中の可溶性栄養塩について．第1報，底土に含まれる可溶性栄養塩についての一考察．東北水研研報，2，109-117.
16. 沢田保夫・上野福三　1966：海底泥およびアコヤガイの排泄物のアセント抽出物について．Ⅰ　アセトン抽出物の吸収曲線．国立真珠研報，11，1298-1307.
17. 塩入松三郎　1953：土壌肥料講話．200-205，314頁，朝倉書店，東京.
18. 川口桂三郎・熊田恭一・青峰重範・古坂澄石・佐々木清一・高井康雄・山根一郎・船引真吾　1970：土壌学．152-155，223頁，13版，朝倉書店，東京.
19. 奥田泰造　1955：内湾底土中の可溶性栄養塩について．第3報，底土に含まれている可溶性栄養塩の海水中への溶出に関する二，三の考察．東北水研研報，4，215-242.
20. 奥田泰造　1957：内湾底土中の可溶性栄養塩について．第6報，底土間隙水中に含まれている無機態の窒素並に燐の季節変化．東北水研研報，9，151-164.
21. 浮田正夫・中西　弘　1974：西瀬戸海域底泥の富栄養化特性（2），用水と廃水．16，691-698.
22. 岩井拓郎・藤田則孝・五十嵐輝夫・渡辺誠樹　1977：浮遊状態における底泥からの栄養塩の溶出について．宮城気仙沼水試3，34-37.
23. 奥田泰造　1953：内湾底土中の可溶性栄養塩について．第2報，底土の耕耘による栄養塩溶出の可能性について，東北水研研報，2，118-125.
24) S.A. Waksman and M. Hotchkiss 1938; On the oxidation of organic matter in marine sediments by bacteria. J. Mar. Res., 1 (2), 101-118.

ヤコウチュウ *Noctiluca scintillans* Macartny に関する観察— I

捕食行動について

高　山　晴　義

Observations on *Noctiluca scintillans* Macartney–I.

Feeding Behavior

Haruyoshi Takayama

Abstract

Feeding behavior of *Noctiluca scintillans* on *Brachionus plicatilis* and some crustacean plankton was observed. *Noctiluca* ingests not only small flagellates but also large planktons such as *Brachionus* or crustacean plankton. *Noctiluca* captures the food organisms on the tentacle, then, carries it to the mouth. The resting eggs of *Artemia salina* were taken more easily than the nauplius larvae in *Noctiluca*. *Noctiluca* also ingested *Brachionus plicatitis*. The *Brachionus* taken in the body of *Noctiluca* still continued the movment more than a hour. Wavy movement of the tentacle acts effectively in taking the food organisms.

ヤコウチュウ *Noctiluca scintillans* Macartney は，日本沿岸で最も普通にみられるプランクトンの1つで，しばしば大増殖して赤潮を形成する。ヤコウチュウに関する観察，研究は古くから行われているが，その生理，生態についてはなお不明な点が多い。幸い，ヤコウチュウの連続培養ができるようになったので（高山，1977），著者は，野外での観察と併行して室内での実験を行い，ヤコウチュウの生理，生態について明らかにしたいと考えている。

Macginn (1969)は，ビタミン類，糖，RNA および DNA 等を加えた培養液を使って，ヤコウチュウの無菌培養 axenic cultivation に成功している。しかし，植物性ベン毛虫の *Platymonas* sp. を餌料とした monoxenic cultivation の方が，無菌培養の場合よりヤコウチュウは2倍以上も増殖したとのべている。一般には，ヤコウチュウは小型のプランクトンやデトライタス等の懸濁物を食べて栄養を得ていると考えられる。

Gross (1934) は，ヤコウチュウは主に *Coscinodiscus* や *Biddulphia* などの珪藻を捕食しているが，しばしば多毛類や甲殻類の幼生をも捕食するとのべている。Hattori (1962) は，遠州灘ではヤコウチュウが多数のカタクチイワシの卵を捕食するとのべ，枝角類の *Evadne* を捕食したヤコウチュウをも観察している。また，関口 (1977) は，伊勢湾ではヤコウチュウが橈脚類の *Acartia clausi* の卵を多量に捕食すると報告している。一方，マダイなどの種苗生産の過程において，稚仔魚の飼育水槽中でヤコウチュウが増殖し，これが稚仔魚の餌であるシオミズツボワムシ *Brachionus plitilis* を捕食するため，稚仔魚の成長に悪影響を及ぼすことがあるという（北島，1978；伏見，1978）。

このようにヤコウチュウは，比較的大型の餌やかなり大きな遊泳力を持った動物プランクトン

も捕食するといわれているので，それを確かめるため，ヤコウチュウにシオミズツボワムシや2，3の甲殻類プランクトンを餌として与え，その捕食について観察したので報告する。

本稿のとりまとめにあたり，草稿の御校閲を賜わった三重大学水産学部の岩崎英雄教授と，有益な助言をいただいた長崎県水産試験場の北島力博士と広島県水産試験場の伏見徹氏にお礼申し上げる。

材料および方法

実験には，植物性ベン毛虫 *Chlamydomonas* sp. の懸垂液中で培養された（高山，1977）ヤコウチュウ *Noctiluca scintillans* が使用された。これらは観察の前日に沪過海水で洗浄され，観察当日まで給餌されなかった。これは，観察を容易にするため，ヤコウチュウ体内の食胞を予め消失させておくためのものである。

捕食過程の観察　ヤコウチュウにシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*, *Artemia salina* の耐久卵およびその nauplius 幼生，橈脚類およびその nauplius 幼生を与え，その捕食過程を観察した。シオミズツボワムシはパン酵母および *Chlorella* sp. で培養したものが使用された。*Artemia* の耐久卵は市販されているもので，その nauplius 幼生はふ化直後のものが使用された。橈脚類およびその nauplius 幼生はプランクトンネットで採集したものが使用された。これらの餌をペトリ皿またはホールスライドグラスにとり，その中にヤコウチュウを接種し，捕食過程を観察した。

捕食数の比較　ヤコウチュウによるシオミズツボワムシ，*Artemia* の耐久卵およびそのnauplius 幼生の捕食量を比較するために実験を行った。直径 10.5cm の深形ペトリ皿に，それぞれ上記3種類の餌の懸垂液200mlを入れ，シオミズツボワムシ区，*Artemia* 耐久卵区，*Artemia* nauplius 区とした。深形ペトリ皿に餌の懸垂液を 200ml 入れると，水深は約 2.5cm になる。ヤコウチュウは水表面付近に浮遊することが多いので，ヤコウチュウが各々の餌に遭遇する機会ができるだけ多くなるように，水深があまり深くならないように心掛けた。その中にヤコウチュウを接種し，それぞれ経時的にヤコウチュウ 100個体を任意に採取して，その捕食状態を観察した。なお，実験は 23°C に調節された恒温槽中で行い，通気などによる攪拌は行わなかった。

結　　果

捕食過程の観察

最初にヤコウチュウがシオミズツボワムシを捕食する過程についてのべる。

シオミズツボワムシを捕食する場合も，ベン毛虫類を捕食するとき（高山，1977）と同様に，ヤコウチュウはまず触手でシオミズツボワムシを捕獲する（**Plate I. a**）。数個体のシオミズツボワムシが触手上に捕獲されているのも観察された。触手上に捕獲されたシオミズツボワムシは，やがて口部に運ばれて捕食される。しかし，触手上に捕獲されたシオミズツボワムシは必ずしもすぐに捕食されるわけではなく，触手上から離脱して捕食を免れることもしばしば観察された。シオミズツボワムシの体の一部がヤコウチュウの口部に捕えられるとその後の過程は速やかに行われ，この段階になるとシオミズツボワムシが捕食を免れるのは非常に困難になる。**Plate I の b–e** は，シオミズツボワムシがヤコウチュウ体内に取り込まれる過程を連続して観察したものである。この観察例では，シオミズツボワムシは頭部から飲み込まれたが，その体のどの部分か

ら先に飲み込まれるかは必ずしも一定していない。足部から先に飲み込まれる場合には，シオミズツボワムシの運動器官である繊毛環が最後までヤコウチュウ体外に残るので（Plate I. f），体の後半部を飲み込まれたシオミズツボワムシが大きなヤコウチュウを曳行している状態も観察された。Plate I の g は f の直後であり，シオミズツボワムシは完全にヤコウチュウ体内に取り込まれ，ヤコウチュウの口部はしだいに閉じられる。シオミズツボワムシがヤコウチュウ体内に取り込まれた直後は，シオミズツボワムシの周辺のヤコウチュウの原形質は希薄である。この場合，取り込まれたシオミズツボワムシが活力のある個体であると，ヤコウチュウの体内でも体を伸縮させたりして激しく運動する。時間の経過とともにシオミズツボワムシ周辺に原形質が多く分布するようになり，消化が行われる（Plate I. h）。しかし，シオミズツボワムシの運動が完全に停止するまでにはかなりの時間を要し，多くの場合1時間以上も繊毛環などの運動が観察された。

甲殻類プランクトンがヤコウチュウに捕食される過程も，シオミズツボワムシの場合とほぼ同様である。しかし，甲殻類プランクトンは触手上に捕獲されにくく，捕獲されてもすぐに自力で離脱した。Plate II の a にヤコウチュウが橈脚類の *Paracalanus parvus* の触角を捕えた状態を示す。この場合は触角から飲み込まれはじめたが，シオミズツボワムシのときと同様に，体のどの部分から先に飲み込まれるかは一定していない。Plate II の b に，ヤコウチュウ体内に取り込まれた *Paracalanus* を示す。Plate II の c にヤコウチュウ体内に取り込まれた橈脚類の nauplius 幼生を，e および h に *Artemia* の nauplius 幼生を示す。今回の観察では，ヤコウチュウに捕食されたこれらの甲殻類プランクトンは，いずれも正常のものと比較してその運動が緩慢であった。また，ヤコウチュウの体内に取り込まれると速やかにその運動を停止した。

Plate II の d に，ヤコウチュウに捕食された *Artemia* の耐久卵を示す。Plate II の f に，橈脚類と同時に採集された *Codonellopsis* sp. を捕食したヤコウチュウを示す。Plate II の g は，観察中に混入した綿花の繊維を飲み込んだものである。綿花の繊維が長いため，ヤコウチュウの後端が突出してハート形になった。

また，ヤコウチュウ個体間で共喰いをする例もしばしば観察された（Plate II. i）。この場合，ヤコウチュウは互いに触手の先端を付着し合い，綱引きをするように引っぱり合う。そのうちどちらか一方がその相手を飲み込む。

捕食数の比較

実験開始時の各区の餌の数はおおよそつぎのとおりである。すなわち，シオミズツボワムシ区27,000個体，*Artemia* 耐久卵区40,000個，*Artemia* nauplius 区29,000個体であった。接種したヤコウチュウの数は各区ともほぼ3,000個体である。なお，シオミズツボワムシの体長は160～280 μ, *Artemia* 耐久卵の直径は 210～250μ, *Artemia* の nauplius 幼生の体長は 420～510μ であった。

表1は，ヤコウチュウを投入して30分，1時間，2時間，4時間および8時間後に各区のヤコウチュウを 100個体づつ採取し，捕食した個体数とその捕食数を示したものである。

表1からわかるように，ヤコウチュウが最も多く捕食したのは *Artemia* の耐久卵であった。8時間後の観察では 100個体中52個体のヤコウチュウが 1～3個の *Artemia* 耐久卵を捕食しているのが観察され，捕食された耐久卵は合計68個であった。*Artemia* 耐久卵につづいてシオミズツボワムシが多く捕食されたが，*Artemia* の nauplius 幼生はごくわずかしか捕食されなかった。

表 1　ヤコウチュウ 100個体における餌生物の捕食状態

Table 1. Catching of the different organisms by Noctiluca in random samples of 100 individuals.

餌　生　物 Food organisms	ヤコウチュウに捕食された餌生物の数 Number of organisms taken in Noctiluca	ヤコウチュウの数 Number of *Noctiluca*				
		0.5 hr	1 hr	2 hr	4 hr	8 hr
シオミズツボワムシ *Brachionus plicatitis*	0	92	88	88	86	82
	1	8	9	8	12	12
	2	0	1	2	2	6
	3	0	1	2	0	0
	4	0	1	0	0	0
Artemia の耐久卵 Resting eggs of *Artemia*	0	90	88	88	80	48
	1	10	12	11	19	38
	2	0	0	0	1	12
	3	0	0	1	0	2
Artemia の nauplius 幼生 Nauplius of *Artemia*	0	100	100	100	99	99
	1	0	0	0	1	1

考　　察

マダイなどの種苗生産の過程において，ヤコウチュウが増殖する例があることを聞き，著者は，ヤコウチュウはシオミズツボワムシの餌料である *Chlorella* を捕食して増殖するのではないかと考えた。また，たとえシオミズツボワムシを捕食するとしても，表面張力により水表面に浮上して自由に遊泳ができなくなった個体など，活力の低下した個体を捕食するのではないかと考えた。しかし，実際にヤコウチュウにシオミズツボワムシを与えてみると，ヤコウチュウは予想外に多くのシオミズツボワムシを捕食した。また，ヤコウチュウに捕食されたシオミズツボワムシは必ずしも活力の衰えた個体ばかりではなく，ヤコウチュウは活発に遊泳するシオミズツボワムシをも捕食することがわかった。

ヤコウチュウによるシオミズツボワムシの捕食において非常に興味ある点は，ヤコウチュウ体内に取り込まれたシオミズツボワムシが長時間運動し続けたことである。シオミズツボワムシは，体内に取り込まれた直後は足部を動かしたり，体を伸縮させたりしてかなり激しく運動する。徐々にその運動は衰退していくが，繊毛環などの運動が完全に停止するまでに多くの場合1時間以上もかかった。2時間経過しても，繊毛環などがかすかに運動していることもまれではない。このことは，ヤコウチュウが活力あるシオミズツボワムシを捕食することが可能であることを示すとともに，ヤコウチュウ体内における消化がゆっくり行われることを示している。とりわけ疑問に思われるのは，シオミズツボワムシはヤコウチュウ体内で如何にして呼吸をするかということである。ベン毛虫などが捕食されたときも，その運動がかなり長時間観察されることがあり，これら生物はヤコウチュウ体内でどのようにして酸素を摂取するのか，多くの疑問がもたれた。

シオミズツボワムシ，*Artemia* の耐久卵およびその nauplius 幼生の捕食を比較した観察では，*Artemia* の耐久卵が最も多くヤコウチュウに捕食された。ついでシオミズツボワムシが多く

捕食されたが，*Artemia* の nauplius 幼生は非常にわずかしか捕食されなかった。*Artemia* の耐久卵が最も多くヤコウチュウに捕食されたのは，餌の量が他の実験区よりやや多かったことも原因の1つと思われるが，今回の実験は通気などによる攪拌を行わなかったため，ほとんどの *Artemia* の耐久卵は水表面に浮遊した。シオミズツボワムシや *Artemia* の nauplius 幼生も表面付近に浮遊しているものもいたが，器底に沈下しているものもかなり存在した。このため，*Artemia* の耐久卵が，水表面付近に多く分布するヤコウチュウに遭遇する機会が最も多かったものと思われる。さらに，3者の遊泳力および遊泳方法のちがいが捕食量に大きく関係しているものと思われる。

著者は，ヤコウチュウが餌を捕食する過程において，触手が重要な役割を担っていると考える。すなわち，ヤコウチュウが餌を捕食する際，まず触手上に餌を捕獲することが必要であると思われる。

触手の機能について Gross (1934) は，ヤコウチュウは粘着物質を分泌して餌を触手上に付着させるとのべている。著者の観察では，一般に，触手は口部上方に振り上げられ，口部に向って振りおろされる。このような運動がゆっくり何回もくり返される間に餌が触手に付着する。また，触手が餌を口の中におし込むような運動が観察されることがあり，ヤコウチュウの触手は重要な捕食呼官としての機能をもっていると思われる。しかし，触手の付着力はそれほど強くないようで，触手が運動している間に，一旦触手に捕獲された餌が脱落して捕食を免れることがしばしば観察されている。また，容器をわずかにゆり動かしただけでも，触手上に付着した餌を容易に脱落させることができる。このとき，触手上から脱落した動物プランクトンは全く正常に遊泳するので，ヤコウチュウが刺胞などを発射して餌を麻酔する機能をもっているようには観察されなかった。このように触手は重要な捕食器官であるが，その捕獲力はあまり強くないので，強い遊泳力をもった餌は自力で触手上から容易に離脱することが可能である。このため，ヤコウチュウは大きな遊泳力をもつ餌ほど捕食しにくいと推察される。

このような観点からシオミズツボワムシ，*Artemia* の耐久卵，*Artemia* の nauplius 幼生の3者を比較すると，*Artemia* の耐久卵は全く遊泳力を持たない。*Artemia* の nauplius 幼生の遊泳は遊泳脚を櫂のように運動させて行われ，その遊泳は脈動的であり，瞬間的に強い力が生じる。このため，ヤコウチュウの触手上に捕獲されてもすぐにこれから離脱し，比較的容易に捕食を免がれることができるものと思われる。シオミズツボワムシはかなり大きな遊泳力を持つが，その遊泳は円滑であるため，*Artemia* の nauplius 幼生に比較して触手から離脱する力が弱いものと考えられる。このように遊泳力および遊泳方法の違いが，捕食数に差がみられた原因の1つと考えられる。

ヤコウチュウが *Artemia* の nauplius 幼生のほかに，橈脚類やその nauplius 幼生を捕食するのが観察された。しかし，ヤコウチュウに捕食された個体は正常のものと比較して運動が弱く，ヤコウチュウの体内に入ると比較的短時間でその運動が停止した。これらのことから，ヤコウチュウに捕食された個体は，捕食される前にすでに衰弱していたと考えられる。前述したように，これらの甲殻類プランクトンが衰弱した原因が，ヤコウチュウが刺胞を発射するなどして麻酔したためとは思われない。これらの甲殻類プランクトンは別の原因で捕食される前にすでに衰弱していたと思われる。橈脚類やその幼生の多くは，*Artemia* の nauplius 幼生と同程度またはそれ以上の遊泳力を有している。これらのことから，天然海域において，ヤコウチュウはこれらの甲殻プランクトンをそれほど多量には捕食し得ないのではないかと推察される。

要　　約

1. ヤコウチュウにおけるシオミズツボワムシ，*Artemia salina* の耐久卵およびその nauplius 幼生，橈脚類およびその nauplius 幼生等の捕食について観察した。
2. ヤコウチュウは，*Artemia* の耐久卵およびシオミズツボワムシを多く捕食したが，その他の甲殻類プランクトンはわずかしか捕食しなかった。
3. ヤコウチュウの体内に取り込まれたシオミズツボワムシの運動が完全に停止するまでに，多くの場合1時間以上もかかることが観察された。
4. ヤコウチュウが餌を捕食する過程において，触手が重要な役割を担っていることが確認された。

文　　献

Gross, F. (1934): Zur Biologie und Entwicklungsgeschichite von *Noctiluca miliaris*. *Arch. Protenk.*, 83, 178-197.

伏見　徹（1978）：私信.

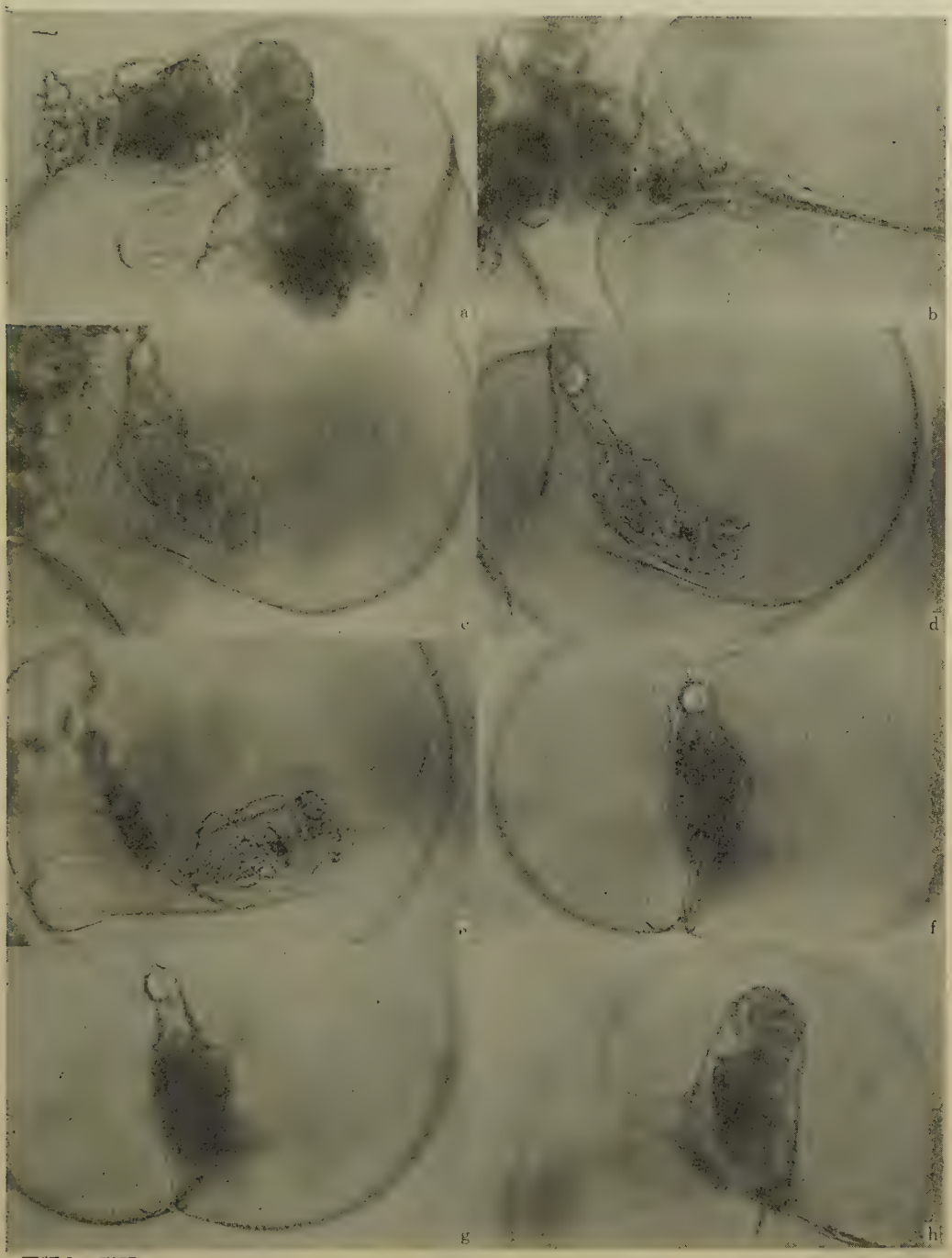
Hattori, S. (1962): Predatory Activity of *Noctiluca* on *Anchovy* Eggs. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 9, 211-220.

北島　力（1978）：私信.

Macginn, M.P. (1969): Axenic Cultivation of *Noctiluca scintillans*, J. *Protozool.* 16 (suppl.), 13.

関口秀夫（1977）：夜光虫の生態．海洋科学，9 (1)，52-55.

高山晴義（1977）：ヤコウチュウ *Noctiluca scintillans* (Macartney) の培養とその観察．日本プランクトン学会報，24 (2)，83-46.



図版Ⅰの説明

a: 触手上にシオミズツボワムシを捕獲したヤコウチュウ
b–e: ヤコウチュウがシオミズツボワムシを捕食する過程
f, g: シオミズツボワムシを捕食中のヤコウチュウの口
h: シオミズツボワムシを捕食後2時間経過したヤコウチュウの食胞

Explanation of Plate Ⅰ.

a: *Noctiluca* capturing *Brachionus plicatills* on the tentacle.
b–e: *Noctiluca* taking *Brachionus* through the mouth.
f and g: Mouth of *Noctiluca*, just taking *Brachionus*.
h: Food vacuole of *Noctiluca*, 2 hours after taking *Brachionus*.

図版Ⅱの説明

a: *Paracalanus parvus* の触角を捕獲したヤコウチュウ
b–g: ヤコウチュウに捕食された動物プランクトンと綿花の繊維
b: *Paracalanus parvus*　c: 橈脚類の nauplius 幼生　d: *Artemia* の耐久卵　e, h: *Artemia* の nauplius 幼生　f: *Codonellopsis* sp.　g: 綿花の繊維
i: ヤコウチュウどうしの共喰い

Explanation of Plate Ⅱ.

a: *Noctiluca* capturing *Paracalanus parvus* with the antnae.
b–h: Zooplankton and cotton fiber taken in *Noctiluca*;
b: *Paracalanus parvus*, e and h: nauplius larva of Copepoda, d: resting eggs of *Artemia*, f: *Codonellopsis* sp., g: cotton fiber.
i: *Noctiluca* taking other *Noctiluca*.

ガザミの標識法とその放流試験

高場　稔・平田貞郎

Studies on Tagging Method and Experimental Release of Blue Crab, *Portunus trituberculatus* (Mieres)

Minoru Takaba and Sadao Hirata

(挿図 Text-figs. 1-4)

水族の生態，特に移動・分散・成長の把握や資源解析の研究法として標識放流が良く用いられている。有用甲殻類の中では，タラバガニ，ズワイガニについて古くから標識法の検討がなされている。ガザミについては，勝谷他[1]がその第2，第4歩脚基部にアンカータグを装着し，それによる標識の可能性を見出した。また，昭和46年瀬戸内海栽培漁業魚類放流技術開発調査事業の中でガザミが対象魚種となって以来，各県水試で標識法の検討がはじめられたが，脱皮の際に取り付けた標識が障害となってうまく脱皮できずに斃死したり或いは標識の脱落が多く見られ確実な標識とは成り得ていない[2]。

筆者らは，勝谷他の標識法の改良法を検討し，陸上池における実験では良好な結果を得た。ここでは，その実験結果と昭和50年から52年にかけて行った標識放流の結果を併せて報告する。

本文に入るに先立ち調査に協力頂いた江田島漁協三宅実組合長，三宅勝元専務，阿賀漁協折見勝治組合長，中嶋参事に深謝します。

材料および方法

供試ガザミ　昭和49年8月9日に江田島湾鷲部地先で刺網により漁獲されたガザミ24尾を当水試に持ち帰り約2週間飼育後，健全な個体8尾を選んで使用した（表1）。

表1 標識装着個体

Table 1. Size and sex of tagged crabs cultured in the tank.

個体番号 Individual number	甲幅 (cm) Carapace width	体重 (g) Body weight	性別 Sex	標識の長さ (cm) Length of tag
1	9.8	53.0	♂	5
2	10.2	63.5	♀	5
3	12.8	102.0	♂	3
4	12.2	94.5	♂	3
5	12.5	92.0	♂	3
6	12.0	90.0	♂	3
7	10.6	60.5	♂	5
8	12.7	109.0	♀	5

標識方法　アンカータグのプレート部分を切り取り，ガザミの腹甲第7節にタグガンで装着した。腹甲には予め電気ドリルで直径 2mm の穴を開け，タグガン挿入時に腹甲が不規則に破損することを防いだ。タグの長さは 3cm と 5cm の2種類とした（図1）。

図 1　標識装着の状況

Text-fig. 1. Anchor tag inserted into the sternum of crab.

陸上飼育　8月24日標識装着後，底面に砂を敷いた 2.0×2.0×0.4m のコンクリート水槽に 30cm 四方のケージを設置して1個体ずつ収容し，10月21日まで流水飼育を行った。この間の水温は 21.0～26.0°C であった。なお投餌は毎日1回生アサリを適当量与えた。

標識放流　昭和50年9月11日から52年9月10日の間各年とも9月から11月にかけて，江田島湾，広湾，袋の内，安浦，吉名の5カ所に前述の方法で標識を装着した個体 655尾を延19回にわたって放流した（表2）。いずれの場合も放流直前に刺網で漁獲されたガザミを用い，船上若しくはその漁獲場所付近の陸上で標識を装着後ただちに放流した。50年9月12日の江田島湾での放流では，ダイバーによる潜水観察を行い，ほとんどの標識ガザミが放流後まもなく潜砂したことを確認した。

結果および考察

1.　陸上池での飼育実験

各標識ガザミの脱皮月日と脱皮後の甲幅を図2に示す。

実験期間中にすべての供試ガザミが標識を付けたまま1回以上の脱皮を行い，標識の脱落は見られず斃死も起らなかった。また，8個体中3個体は2回の脱皮を行った。従って期間中延11回の脱皮機会がありすべて標識を体内に残存させたまま脱皮したことになる。脱皮殻や脱皮後の腹甲をみると，標識装着の為に開けた穴のほかは殻の破損がみられず標識が脱皮におよぼす大きな影響はなかったものと推察された。勝谷他[1]は，第2，第4歩脚の底節と基節の交合部にタグを装着し，8割の標識残存率をみている。標識装着位置が可動部位の基部であったのに対し，本法ではそれが腹甲に半固定され，装着後摂餌や潜砂等の動きに対し与える影響が少なかったと想像される。

脱皮後の標識ガザミの全甲幅の増加率[3]をみると全甲幅9.8～15.5cm の範囲内で16.3%～26.5%となり，大島[4]，勝谷他[1]の値と大差なく，標識装着が成長に及ぼす影響は少ないと考える。この中で 12cm サイズ7尾のうち，標識装着後脱皮回数が1回の個体5尾の全甲幅の増加率は20.8～24.0%であるのに対し，脱皮回数が2回の個体2尾のそれは17.7%と低い結果となっているが，標識装着の影響によるものかは明らかでない。

表 2　標識ガザミの放流状況

Table 2. Condition of tagged crabs which were released in experimental points.

放流番号 Release No.	放流月日 Date of release	放流場所 Reased point	尾数 No. of tagged crabs	雌 ♀	雄 ♂	甲幅 (cm) Range of carapase width	標識 Collour and length of tag
1	50. 9. 9	広湾	24	7	17	8.1-11.8	赤 3cm
2	10	〃	2	1	1	10.8-11.0	〃
3	11	江田島湾	4	2	2	10.0-11.5	緑 5cm
4	12	〃	143	68	75	8.0-14.1	〃
5	26	〃	51	19	32	10.7-17.0	〃
6	29	広湾	61	35	26	10.1-16.5	赤 5cm
7	30	〃	46	19	27	11.0-16.5	〃
8	10. 1	〃	48	27	21	9.0-14.5	〃
9	2	〃	66	38	28	9.0-16.0	〃
10	51. 9. 18	江田島湾	42	28	14	12.2-17.5	〃
11	22	〃	6	4	2	16.5-25.5	〃
12	10. 7	袋の内	12	6	6	9.7-14.3	白 5cm
13	13	〃	34	15	19	8.3-16.1	〃
14	15	〃	20	8	12	14.3-18.8	〃
15	18	〃	21	13	8	14.0-20.6	〃
16	20	〃	38	18	20	12.7-18.6	〃
17	11. 22	広湾	15	7	8	10.0-17.8	黄 5cm
18	52. 9. 5	安浦	6	1	5	9.4-13.0	白 5cm
19	10	吉名	16	7	9	9.0-13.6	赤 5cm
計			655	323	332	8.0-25.5	

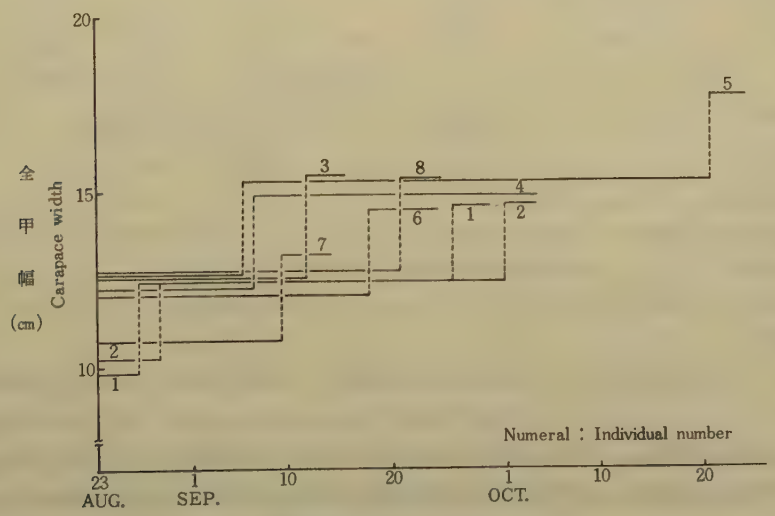


図 2　標識ガザミの成長

Text-fig. 2. Growth of tagged crab.

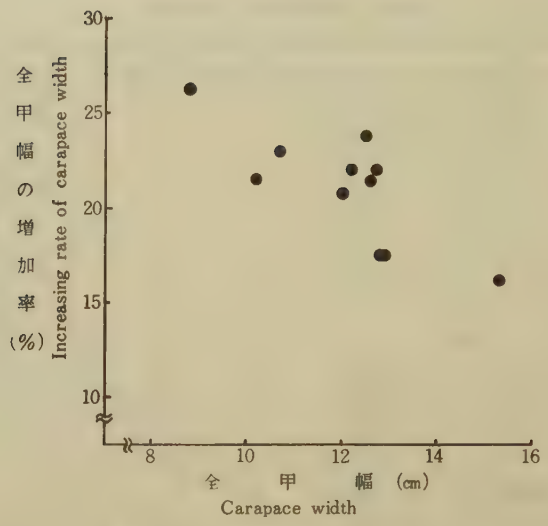


図 3　全甲幅と増加率との関係

Text-fig. 3.　Relation between carapace width and the increasing rate of carapace width.

表 3　年別・放流場所別・経過日数別再捕数と再捕率

Table 3.　Relationship between the number of recapture of tagged crabs from the experimenta points of released and the number of days after released.

放流後経過日数 Days after release	1975 江田島湾 Etajima bay	1975 広湾 Hiro bay	1976 江田島湾 Etajima bay	1976 広湾 Hiro bay	1976 袋の内 Tainouchi	1977 安浦 Yasuura	1977 吉名 Yoshina	計 Total
日								
1- 30	8	5	2	0	1	0	1	17
31- 60	0	1	1	0	1	0	0	3
481-510	1	0	0	0	0	0	0	1
再捕尾数 No. of recaptured crab	9	6	3	0	2	0	1	21
放流尾数 No. of released crab	198	247	48	15	125	6	16	655
再捕率(%) Rate of recapture	4.5	2.4	6.3	0	1.6	0	6.3	3.2

2.　放流試験

再捕状況　　52年12月末までに合せて21尾が再捕され，総放流尾数に対する再捕率は 3.2%であった。

年度別・場所別再捕率　　51年江田島・52年吉名が 6.3%と最も高く，50年江田島・広湾，51年袋の内の順となっている。51年広湾，52年安浦では放流尾数が 6 ～15尾と少なく全く再捕されなかった。

漁法別再捕率　　刺網による再捕が各放流場所とも最も多く全体の90%を占めている。刺網以

表 4　漁業種類別採捕尾数

Table 4. The numbers of tagged crabs which were recaptured by the different fishing method.

漁業種類 Fishing method	1975 江田島湾 Etajima bay	1975 広湾 Hiro bay	1976 江田島湾 Etajima bay	1976 広湾 Hiro bay	1976 袋の内 Tainouchi	1977 安浦 Yasuura	1977 吉名 Yoshina	計 Total
刺網 Gill net	8	6	3	0	1	0	1	19
小型底引網 Smoll trawl net	1	0	0	0	0	0	0	1
その他 Others	0	0	0	0	1	0	0	1
計 Total	9	6	3	0	2	0	1	21

図 4　標識ガザミの放流点と再捕点

Text-fig. 4. Topographical view, showing the points of release and recapture of tagged crabs.

外では小型底引網で 1 尾，潜水による手摑みで 1 尾が再捕された。

放流後経過日数　　放流後30日以内に81%，60日以内に95%が再捕されている。最も多くの日数を経て再捕された例としては，50年江田島湾に放流されたものが，標識装着のまま約 1 年 4 カ月後，すなわち 2 回目の越冬途中に再捕されている。

移動距離　　図 4 に示すとおり各放流点から半径 2km の範囲内での再捕が 86% を占めてい

る。また 10km 以上離れた場所で再捕された例としては，(i) 50年広湾で放流されたものが31日目に 25km 離れた三津湾で 1 尾。(ii) 51 年 袋の内で放流されたものが 23km 似島地先で 1 尾 (iii) 50年江田島湾で放流されたものが 12km 離れた似島沖で 1 尾再捕された。

以上述べたように，放流後比較的短期間に放流点に近い場所で刺網により大部分が再捕された。今回標識放流を行った 9 月，10月は，ガザミが沿岸浅所で刺網により多獲される時期にあたる。放流点付近はその漁場となっているために漁獲圧力が強いことや，ガザミの交尾期にもあたり，その行動が活発に行われる事などが影響したものと考えられる。一方，ガザミの生活圏はかなり広範囲であるといわれている[5]が，50年の広湾から三津湾への移動や，51年の袋の内から広島湾への移動がみられたことなどはその査証となるであろう。

各年度を通して最も再捕率が高かった江田島湾では，10月育成水面解禁後，刺網の cpue は日ごとに減少し，11月上旬には湾内での刺網による漁獲はなくなる。湾内で成育したガザミ全てが獲り尽されたのではなく，一部は湾外へ移動していることを，既報[6]で推測した。今回僅か 1 尾ではあるが湾外で再捕され，湾外への移動が確認された。

陸上試験では用いたガザミのすべてが標識を付けたまま脱皮を行い，良い結果が得られたが，放流試験での再捕率は平均 3.2%という結果となった。江田島湾では秋期に刺網による漁獲死亡率が 0.7である[7,8]ことからみて，この再捕率は低い。その原因として，報告洩れのほか，標識放流の供試個体は刺網で漁獲されたもので，漁獲時にすでに活力の低下を来たしていた事から放流後死亡した可能性がある。また標識装着が 9 月，10月の脱皮時期にあたっているため，脱皮まもない個体に装着した場合，タグが体内にうまく固定せず脱落した事も考えられる。しかしこれまでの各県の標識放流再捕事例では，1 回あたりの放流尾数が75～1,174尾の範囲で合わせて3,380尾放流し，再捕率が 0 ～1.3%平均0.7%であった[2]。この点からみれば今回の再捕率は低くない。また放流後 1 年 4 カ月後に再捕された個体もあり，条件の良い個体を選べば標識が長期間残存することも確認され，標識装着も船上で行えるなど簡便であることから，かなり有効な標識法と考えられ，今後さらに改良を加え完成した技法としたい。

要　　約

1. 昭和49年 8 月23日から10月25日の間，プレート部分を除去したアンカータグを腹甲第 7 節に装着したガザミ（甲幅 9.8-12.8cm）8 尾を陸上池で飼育して標識の有効性について検討した。
2. 陸上池での飼育期間中延11回の脱皮が行われ，標識の脱落や斃死は見られなかった。
3. 50年から52年の間各年とも 9 月から11月にかけて県内 5 カ所に 655尾のガザミを延19回にわたって標識放流した。
4. 52年12月末までに21尾が再捕され，3 カ年の平均再捕率は 3.2%であった。
5. 再捕経過日数からみると，放流後30日以内に81%，60日以内に95%が再捕され，最長経過日数は約 1 年 4 カ月であった。
6. 漁種別再捕尾数は刺網が最も多く90%を占め，放流場所から半径 2km 内での再捕が86%となったが，放流時期が沿岸浅所で刺網による多獲期にあたる結果と考えられた。
7. 放流場所から半径10～25km の範囲で 4 尾が再捕されかなり広範囲な生活圏を持っていると考えられた。
8. 再捕率は3.2%であったが，放流後 1 年 4 カ月後に再捕された個体もあったことから，活力の

ある個体を選んで装着すれば有効な標識法といえそうである。

文　　献

1) 勝谷邦夫他　1971：ガザミの一標識方法．岡山水試事報（昭和46年度），88-91.

2) 和歌山水増試他　1975：昭和46～49年度瀬戸内海栽培漁業魚類放流技術開発調査ガザミ班総括報告書．24-25.

3) 山岸　宏　1977：成長の生物学．講談社，13.

4) 大島信夫　1938：瀬戸内海ガザミ調査．水産試験場報告，9，170-171.

5) 兵庫県水産試験場　1973：昭和48年度瀬戸内海栽培漁業魚類放流技術開発調査事業中間報告書．

6) 広島県水産試験場他　1976：昭和50年度瀬戸内海栽培漁業放流技術開発事業ガザミ班総合報告書，23-25.

7) 猪子嘉生他　1979：ガザミの種苗放流・追跡—Ⅷ．49年江田島湾放流群の秋期刺網漁獲とその資源解析．本誌，10：

8) 猪子嘉生他　1979：ガザミの種苗放流．追跡—Ⅸ．50年江田島湾放流群の秋期刺網漁獲とその資源解析．本誌，10：

ガザミの種苗放流・追跡—VIII

49年江田島湾放流群の漁獲回収とその資源解析

猪子嘉生・川西正衛
平田貞郎・高場稔

Releasing and Tracking of the Artificial Seedlings of Blue Crab, *Portunus triberculatus*-VIII.

Recapture and Population Analysis of Crabs released at Etajima in 1974

Yoshio Inoko, Masae Kawanishi, Sadao Hirata, and Minoru Takaba

前報[1)~7)]までに放流ガザミの初期行動，初期減耗，保護育成，定着率，成長，分散と移動等について報告した。漁獲回収についてはこれまで数10尾から数 100 尾程度までの事例しかなく[8)]，真に漁獲回収といえる成績のものがない。ここに報告する事例も漁獲回収率がまだ不十分であるが，一応 1,000尾オーダーの漁獲をえた。そして，漁獲に関して種々特徴ある状況と資源解析の結果若干の興味ある知見をえたので，結果を報告する。

本文に先立ち，ご校閲をいただいた南西海区水産研究所多々良薫企画連絡室長，有益なご助言をいただいた同所倉田博内海資源部長，種苗の生産・配布をいただいた瀬戸内海栽培漁業協会の方々に深謝する。また，この研究の一部は瀬戸内海栽培漁業放流技術開発事業として実施された。放流・追跡事業の実施に協力をいただいた国・県・町・漁協の関係者各位に厚くお礼申し上げる。

放流経過および調査方法

種苗は瀬戸内海栽培漁業協会玉野事業場で生産・配布されたもので，昭和49年5月16日に安芸郡江田島町で受け入れ，直ちに地先の放流現場へ放流した(図1)。放流場所は湾奥の1カ所で，放流後継続的追跡をうるため汀線約 100m の間に50万尾を大量集中放流した。種苗サイズはほとんど平均甲巾 4mm の1令期稚ガニであった。

放流後の経過と成績については前報[1)~3),6)~7)]に述べた。定着率は1カ月後におよそ3％で，その後も継続的な採捕があり，かなりの尾数の成育が推測できる状況であった。

ガザミの漁獲試験操業はすべて刺網によった。放流後約85日目の8月9日から 120日目の9月14日まで35日間に計5回の試験操業を行った。操業場所は放流場所の直近数 10m から数 100m 以内の湾奥（図1，A）だけであった。

漁業者の自由操業は，最後の試験操業日の翌日，9月15日から始まった。漁業者による漁獲状況の調査は，江田島漁業協同組合でまとめた「漁獲日報」によった。これは毎日だれとだれが操業し，それぞれ何尾漁獲したかを組合で問い合わせ，集計したものである。ここでも操業範囲はほとんど湾奥に集中し，湾中央から湾口および湾外の漁獲は無視できる程度であった。

図 1　江田島湾および放流場所
Fig. 1.　Locality of Etajima Bay and release point

表 1　刺網試験操業によるガザミ漁獲状況
Table 1.　Catch record of blue crab in the experimental fishing by gill net.

月　日 Date	操業隻数 No. of boat fished	漁獲尾数 No. of crabs caught	CPUE CPUE	放流後日数 Days after release
8. 9	1	24	24	85
9. 6	1	47	47	113
9. 7	2	38	19	114
9. 13	1	80	80	120
9. 14	2	133	67	121
計 Total	7	322	46	

結果および考察

刺網試験操業および漁獲開始

放流後85日目に当る8月9日の第1回目刺網試験操業において，始めてガザミが漁獲された。場所は放流場所の直近で，距離40～50m，水深5～10m の沿岸浅所であった。近年湾内では全くガザミの漁獲をみなくなっており，この時期にこの場所での24尾もの漁獲をえたことからこれは明らかに放流に由来するものであると考えられた。続いて約1カ月後の9月6日および7日にも同数以上の漁獲をえ，さらに1週間後の9月13日には80尾とそれまでの成績を大きく上回る漁獲をえた。以上の結果はいずれも1日・1隻・1カ所だけの試験操業の結果であったから，他の場所も含めれば全体ではかなりの成育・生存があるものと推測された。翌9月14日は2隻・2カ所の公開試験操業としたもので，この結果放流場所の対岸にもかなりの密度の生息場所があることが確認できた（図1，表1）。

当業船の操業状況および漁獲状況

9月13日の試験操業と翌14日の公開試験操業のあと，漁業者の自由操業が始まった。以後連日の操業と漁獲が続き，途中何日か操業と漁獲のない日をみたものの，10月22日まで約40日間漁期が続いた。この間延操業隻数が86隻，総漁獲尾数が 1,498尾に達した。放流尾数に対する回収率は 0.3%，定着尾数に対する回収率は1%であった。

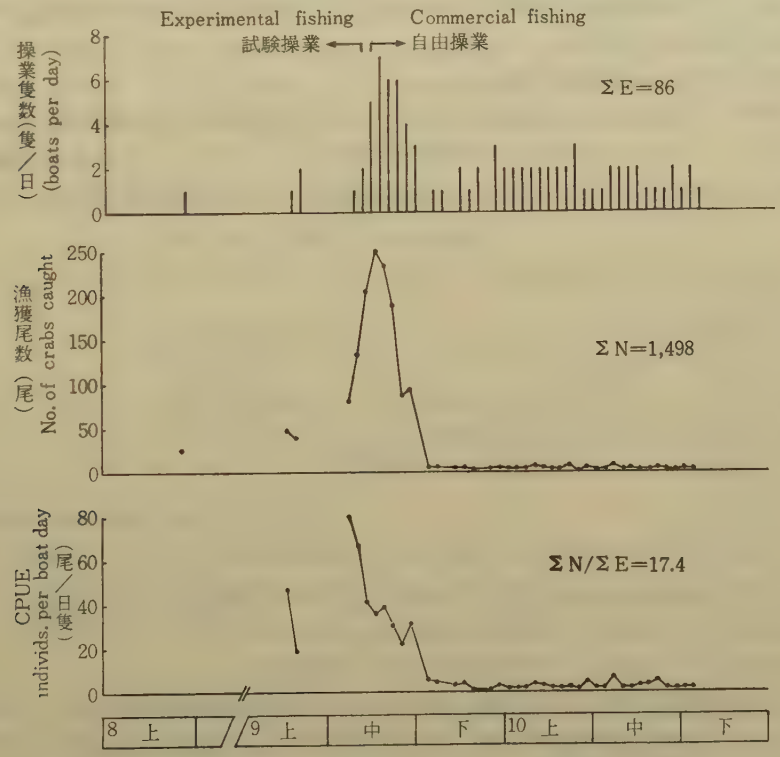


図 2　日別操業隻数・漁獲尾数・CPUE　　月旬 Month and Tedayd

Fig. 2.　Daily fishing boats, crabs caught, and CPUE

自由操業の初日には単位努力（1日1隻）当りの漁獲尾数が最高で，以後は日数経過とともに減少一方であった。ただし，この日は操業隻数がやや最高を下回ったため，日漁獲尾数もやや最高を下回った。これらが最高を示したのは自由操業開始の2日目，つまり9月13日から連日漁獲の4日目であった。この日に操業隻数と日漁獲尾数のピークが示された。以後は操業隻数・日漁獲尾数・単位漁獲尾数のいずれも低下一方であった。そして，操業隻数・日漁獲尾数・単位努力当り漁獲尾数のいずれも，開始後約1週間の短期間で急減し，9月下旬には操業が1～2隻以下でしかも断続的となった。ところが10月にはいって逆に低水準ながら毎日1～2隻の操業と1～2尾ずつの漁獲が，ときには数尾と増加することもあって，3週間もの期間継続している点には疑問が残る。この点については後述する。

結局，盛漁期は漁獲開始から始めの1週間ないし1旬間だけとみられる。正確には9月13日から9月20日までの8日間である。この間は連日 100尾前後から最高 250尾までの漁獲があり，この間だけで全漁期間漁獲の90%を越えている。盛漁期の操業隻数が34隻であり，単位漁獲も37.3尾と高かったのに対し，つぎの1旬には操業隻数が11隻しかなく，単位漁獲も3尾以下と極端に低くなっている。このことは，相応の漁獲がある間は相応の操業が行われ，漁獲が減ると操業も減るという，一般の漁場利用事情の例がここでも現われたものと考えられる。

ガザミの移動は通常9，10月から11，12月の長期にわたる。9，10月に沿岸浅所を離れ，10～11月にはしだいに沖合・深所へ向い，12月以降には 30～40m 最深部・起冬場へ向う[3),13)]。ガザミの漁獲時期は尾数においても重量においても，大半が9～12月の年内（産子発生からみて）であり，いわばこの間の移動期が漁獲時期といえる[14)]。江田島湾内における漁獲はこれらのうちの極く初期に当るものといえよう。

累積漁獲量と努力当り漁獲量の関係

De Lury[10)~12)] の方法によりこの関係をみると（図3），盛漁期の8日間は各点が右下りの直線の周りに分布し，その後は直線をはずれ低い位置にかたまっている。このことは盛漁期間は主として漁獲により資源が減少し，以後は漁場（操業範囲）外への逸散が顕著になって，努力当り

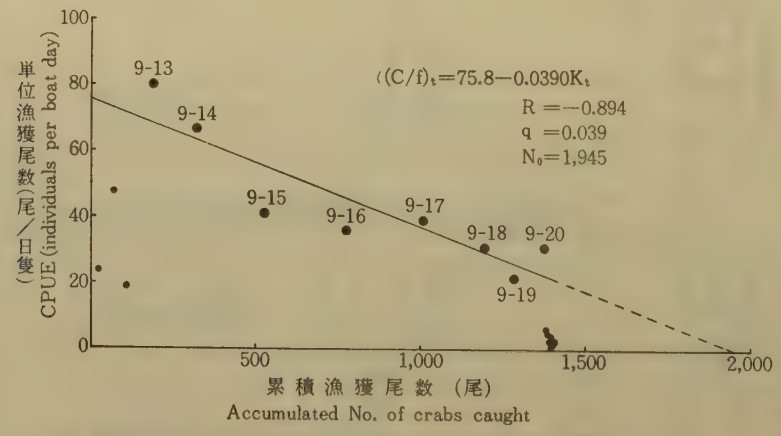


図3　DeLury の方法による放流ガザミの初期資源尾数の推定

Fig. 3　Analysis of the crabs caught by De Lury's method

（図中の数字は月日，Numericals in the figure show month and day.）

漁獲量が小さくなり，累積漁獲量と相関しなくなったものと考えられる。先に述べたとおり，湾内の漁期はガザミの移動初期に当り，すでに移動が始まっているが，その範囲が狭い範囲に限られているため操業範囲にカバーされ，資源解析上の実質的逸散にならず，以後は移動が操業範囲を越え，逸散となったものと考える。

盛時期の8日間について相関・回帰を求めると，

$$(c/f)_t = 75.8 - 0.0390K_t \qquad R = -0.894$$

c/f: 単位努力当り漁獲量，K_t: 累積漁獲努力，R: 相関係数

となり，漁獲能率 q が約0.04，すなわち1日1隻の操業で資源の4％が間引かれることが分かる。これは通常の漁獲能率[11)~12)]に比べ1～2桁高い率であり，狭い範囲に高密度に生息しているガザミを高い能率で間引いているといえる。また，Y軸切片75.8は qN_0 だから，初期資源量 N_0 は1,945尾となる。

累積努力量と努力量り漁獲量の関係

De Lury のもう一つの方法であるこの関係も，全く先と同様の結果を示す。すなわち，

$$\ln(c/f)_t = 4.324 - 0.0298E_t \qquad R = -0.893$$

E_k: 累積漁獲努力量

漁獲能率 q は先の0.04に比べ0.03とやや小さいものの大差なく，初期資源量も2,533尾とやや大きいが大差ない。

つまり，盛漁期においては累積漁獲量と累積努力量のどちらを用いても，努力当り漁獲量との間に右下りの直線関係が認められ，この間は主に漁獲により資源が減少することが示される。ただし，図1の y 軸切片をそのまま qN_0 とみるのは不正確で，初期資源量は連日操業・連日漁獲の始まった時点のものであることに注意しなければならない。このことに注意し，2法の平均をとると，漁獲能率が0.0344，初期資源量が 2,180尾と推定される。

盛漁期間の漁獲率

盛漁期間の自然死亡が無視できれば，漁獲率 E は

$$E = C/N_0 = 1,268/2,180 = 0.691$$

となる。また，柴田・田口の方法[13)]により漁獲能率 q と操業回数 k から間引き率 E′ を求めると

$$E' = 1-(1-q)^k = 1-(1-0.039)^{34} = 0.741$$

となる。これは自然死亡を除いた全死亡率，つまり漁獲（死亡）率である。これが上記の漁獲率Eの値に近似すること，および期間が短いことを考慮すると，自然死亡は無視できる程度であることが推測できる。

放流初期および成育期の自然死亡率

放流尾数が既知で，定着尾数と漁獲開始期の初期資源尾数が求められれば，放流から定着までと定着から漁獲開始までの日生残率をそれぞれ求めることができる（表2）。これらの期間は漁獲死亡がないから死亡はすべて自然死亡といえる。その結果，放流初期には毎日11％が死亡し89％が生残することになる。そして，30日後に3.5％の歩留りとなる。定着後は死亡率が大巾に低下し，日死亡率は2％，日生残率は98％を示す。ただし，期間が長いため漁獲開始までに13％まで減耗する。以上は放流から漁獲開始までを2期に分け，それぞれの期間内では一定とした平均的死亡率と生残率である。実際には徐々に死亡率は小さく，生残率は大きくなることが予想されるから，漁獲開始期前後の死亡率はさらに小さいものと考えられる。

表 2　放流初期および成育期の日生残率と日死亡率

Table 2. Daily survival rate and mortality rate in the early period released and growth period.

項目 Items	時期 Period	放流 Release	初期減耗 Early decrease	定着 Settle down	成育 Grow	漁獲開始 Start of fishing
年月日	Date	74-5-16		74-6-15		74-9-13
資源尾数	No. of crabs	500,000	→	17,500	→	2,289
日数	No. of days		30		90	
生残率	Survival rate		0.035		0.131	
全減少係数	Total mortality coefficient		3.352		2.034	
〃1日当り	〃 per a day		0.112		0.0226	
日生残率	Daily survival rate		0.894		0.978	
日死亡率	Daily mortality rate		0.106		0.022	

盛漁期間の生残率および漁獲係数

自然死亡が無視できれば，種々の資源特性値は簡単な式になる。生残率Sは

$$S = N_t/N_0 = (N_0 - C)/N_0 = 0.309$$

$$= 1 - C/N_0 = 0.259$$

となる。

また，漁獲係数Fは

$$F = Z = -\ln S = 1.174,\ 1.351$$

として求めることもできるし，別法として

$$F = qX = 0.039 \times 34 = 1.326$$

により求めることもできる。

漁獲係数の値がこれら2法で求めてよく近似することからも，自然死亡が無視できる程度であることが示される。

表 3　秋期刺網漁獲における放流ガザミの資源解析

Table 3. General analysis table of released crab in the autumn gill net season

期間（月日） Period (Date)	日数 No. of days	漁期 Season	期首 initial	尾数 No. of crabs 漁獲 caught	尾数 No. of crabs 逸散 dispersed	期末 resultant
8. 9……9. 12 Aug. 9……Sep. 12	35	試験操業期 Experimental catch	1,945	109	—	1,836
9. 13……9. 20 Sep. 13……Sep. 20	8	盛漁期 High season	1,836	1,268	—	568
9. 21……9. 31 Sep. 21……Sep. 31	10	逸散期 Dispersing	568	30 (95)	481 (415)	57
10. 1……10. 22 Oct. 1……Oct. 22	22	終息期 Resuming	57	90	*x*	0

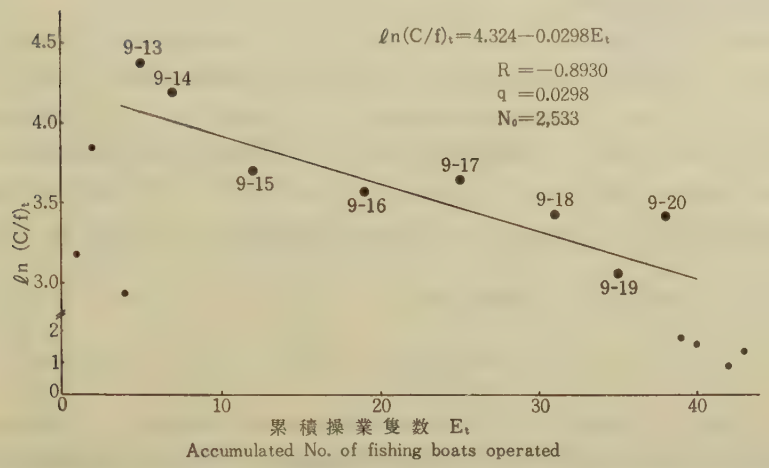


図 4 De Lury の方法による放流ガザミの初期資源尾数の推定

Fig. 4. Analysis of the crabs caught by DeLury's method

逸散期および逸散係数，逸散率

盛漁期を過ぎれば，当然漁獲による資源の減少は少なくなる。この時期は日に日に移動が活発となる時期だから，資源は主として逸散により減少することとなる。

図 2 の単位努力当り漁獲量が，盛漁期末に20尾／日，10日後の 9 月末に1/10の 2 尾／日に急減したことに注目すると，この間の生残率Sについて

$$S=e^{-(F+\beta)}=2/20=0.1$$

β: 逸散係数

とおくことができる。ここでこの期間における漁獲係数Fは

$$F=qX=0.039\times11=0.429$$

であるから，これを代入すれば β を求めることができ，

$$\beta_{10}=1.874 \qquad \beta_{10}: 10日間の逸散係数$$

となる。

従って，逸散率Bは

$$B=\frac{\beta}{F+\beta}(1-S)=0.732$$

となり，この間の漁獲率Eは

$$E=\frac{F}{F+\beta}(1-S)=0.168$$

で，逸散率が漁獲率の 4.4倍の大きさである。

このように著しい逸散があれば，努力当り漁獲量が日ごとに低下し，ますます操業が減じて断続的となることがうなづける。また，この時期を逸散期とするのが妥当であろう。

終息期と終息期の漁獲記録

盛漁期において大きな漁獲死亡があり，続いてまたそれと同等の大きな逸散をみたのちには，ほとんど残存する部分はないものと推測できる。従ってその後の10月にはいって，逸散期と同じかまたは逆にそれを上回るような操業と漁獲があるとは考え難いし，それが3週間にもわたって続くとはますます理解し難い。この間は実際には，もっと僅かな操業と漁獲が断続した程度であり，そのため記録も不正確になったのであろう。いずれにしても，10月以降は先の漁獲と逸散に関する資源特性値はあてはまらない。僅かな操業と漁獲が断続したこの時期は，終息期というべきであろう。

摘　　要

1.　49年5月16日に江田島湾奥の1カ所に1令期稚ガニ50万尾を放流し，放流後4カ月目の9月13日から連日，放流場所の数 100m 以内において刺網により放流ガザミの漁獲回収をえた。

2.　湾内の漁獲は10月22日まであり，この間漁期が約40日，延操業隻数が86隻，総漁獲尾数が1,498尾に達した。

3.　このうち漁獲開始から8日間に全漁期間の90%を越える漁獲があり，続く10日間に操業も漁獲も急落し，10月にはいってからは僅かな操業と漁獲が断続するだけとなった。

4.　盛漁期間の累積漁獲量および累積努力量と努力当り漁獲量との間には，De Lury の方法が適用でき，これから漁獲能率が 0.034，初期資源量が 2,180尾と推定された。

5.　この間の漁獲率は70%の高率に及び，柴田・田口の間引き率，漁獲係数，生存率等の検討から，自然死亡が無視できる程度と推測された。

6.　盛漁期に続く10日間は逸散期で，この間には逸散率が75%，漁獲率が15%，生残率が10%と推定された。

7.　逸散期を経過したのちには，すでにほとんど残存するものがなく，以降は終息期と考えた。また，この時期の操業と漁獲が逸散期末に比べやや高目であるのは，記録の不正確と指摘した。

文　　献

1)　川西正衛他　1975：ガザミの種苗放流・追跡―Ⅰ．初期行動について．栽培技研4（1），15-18.
2)　高場　稔他　1975：――Ⅱ．分散・移動・分布について．――4（1），19-23.
3)　猪子嘉生他　1975：――Ⅲ．成長について．――4（1），25-30.
4)　高場　稔他　1976：――Ⅳ．1・2令期稚ガニの放流直後の行動．――5（2），21-24.
5)　猪子嘉生他　1976：――Ⅴ．保護育成のためのモデル実験漁場造成．――5（2），25-27.
6)　平田貞郎他　1976：――Ⅵ．昭和50年度広湾における定着歩留り．広水試研報6・7，9-13.
7)　川西正衛他　1976：――Ⅶ．昭和50年度江田島内における追跡と定着歩留り．――6・7，15-19.
8)　広島水試他　1975：昭和46―49年度瀬戸内海栽培漁業魚類放流技術開発調査ガザミ班総括報告書，25-32.
9)　――――　1976：昭和50年度瀬戸内海栽培漁業放流技術開発事業ガザミ班総合報告書，1-29.
10)　久保伊浅男他　1957：水産資源学．第1版，166-169，共立出版，東京.
11)　――――　1957：――．――，166，――，――.
12)　田中昌一他　1973：水産資源論．海洋学講座第12巻．第1版，35-36，東大出版，東京.
13)　相川広秋　19　：水産資源学．第1版，119-122，金原出版，東京.

ガザミの種苗放流・追跡—Ⅸ

50年江田島湾放流群の漁獲回収とその資源解析

猪子　嘉生・川西　正衛・平田　貞郎・高場　稔

Releasing and Tracking of the Artificial Seedlings of Blue Crab, *Portunus triberculatus*-IX. Recapture and Population Analysis of Crabs released at Etajima in 1975

Yoshio Inoko, Masae Kawanishi, Sadao Hirata, and Minoru Takaba

前報[1]で49年江田島湾放流群の秋期刺網漁獲の状況とその資源解析結果を報告した。続いて50年には漁獲尾数および回収率とも前年を大巾に上回る成績をうるとともに，漁獲パターンおよび資源特性値について前年と類似する点または相違する点等，種々興味ある結果をえたので，報告する。

本文に先立ちご校閲をいただいた南西海区水産研究所多々良薫企画連絡室長，有益なご助言をいただいた同所倉田博内海資源部長，種苗の配布をいただいた瀬戸内海栽培漁業協会の方々に深謝する。また，この研究の一部は瀬戸内海栽培漁業放流技術開発事業として実施された。本事業の実施にご協力をいただいた国・県・町・漁協の関係者各位に厚くお礼申し上げる。

放流経過および調査方法

放流は，50年6月26日から7月18日まで約3週間内に4回にわたって実施した。放流場所は前年の場所のほかに2カ所を加え，3カ所とした。いずれも江田島湾奥の数 100m 以内である。放流尾数は20.2万尾で，前年の半数以下であったが，本年は定着率向上のため[2]前年の大量集中放流と対照的に，少量分散放流とした。種苗は瀬戸内海栽培漁業協会で生産・配布されたものと自県産種苗の2種で，およそ3：7の比率であった。放流サイズは前年と同様に平均甲巾約 4 mm の1令期種ガニが主であった。

本年度は放流場所の湾奥一帯を育成水面に指定し，放流後同水面内のすべての漁業を禁止して，放流ガザミの保護育成が計られた。定着率は10日目で5～21%をえた。その後も前年同様の継続的採捕があった。試験操業は9月以降に行い，上～中旬は各1回ずつにとどめ，9月25日から連日操業・漁獲を開始した。解禁日は，試験操業の結果をもとに漁場管理委員会の決定により，10月1日とされた。ただし，当日は一斉共同試験操業として35隻の漁船を湾奥沿岸の各所へ指定配置したから，各漁業者の自由操業は10月2日からとなった。これらの操業・漁獲状況については前報と同様の方法により調査した。

結果および考察

操業状況および漁獲状況

連日操業・連日漁獲の開始日は9月25日である。これは第1回放流日から数えると約90日，第

4回放流日からでは70日目に当る。各放流日の放流尾数を重みとして求めた平均的放流日（7月14日）からみると，73日目である。前年の約 120日目に比べると，大巾に早い。これは，前年の放流日が天然発生期より約1カ月早期の低温期であったのに対し，本年の放流時期は天然発生期に一致し高温期になっていたことと，本年は夏期が平年に比べ極めて著しい高温であったことの2点から，成育が著しく良好であったことによる。ただし，前年の9月中旬に比べ約1旬遅れた点は，それだけ秋期の温度低下が遅れ，移動開始が遅れたものと考える。

解禁日は一斉共同試験操業で，湾奥一帯の生息分布をみるためほぼ全沿岸に35隻の漁船を指定・配置したから，1隻当りの漁獲尾数（以下単に漁獲という）は9月中の試験操業と同程度である。しかし，ここで場所による生息分布が明らかとなって，翌10月2日の自由操業の初日には1隻当り漁獲が最高となった。日漁獲は操業隻数が最高の解禁日が最高であったが，翌10月2日には操業隻数は半減しても1隻当り漁獲が最高のため，前日とほぼ同程度の漁獲があげられた。

以後2週間が盛漁期で，この間に操業隻数の66%，漁獲の70%の集中がみられる。ただし，日ごとに操業も漁獲も前年と同様に漸減し，盛漁期以降には僅かな操業と漁獲が断続するに過ぎない。これらの期間も含めると，漁期は約50日間に及ぶ。

全漁期についてみると，延操業隻数 195隻で総漁獲が7,544尾に達する。これは放流尾数の3.7%，平均定着率を15%にとると，定着尾数の25%に当る（図1）。

累積漁獲量および累積努力量と努力当り漁獲量との関係

De Lury[3),4)] によれば，これらの関係は

$$(c/f)_t = (qN_0) - qK_t \qquad \cdots\cdots(1)$$

$$\ln(c/f)_t = \ln(qN_0) - qE_t \qquad \cdots\cdots(2)$$

$(c/f)_t$：努力当り漁獲量，K_t：累積漁獲量，E_t：累積努力量，q：漁獲能率，N_0：初期資源量

である。図2～3に明らかなとおり，直線的関係が認められるのは10月2日から15日までの14日間である。この期間以外は前後とも点が直線上からはずれる。14日間の資料について回帰を求めると，

$$(c/f)_t = 99.62 - 0.010409K_t \qquad \cdots\cdots(1)$$

$$\ln(c/f)_t = 4.875 - 0.009996E_t \qquad \cdots\cdots(2)$$

となり，漁獲能率 q および初期資源量 N_0 はそれぞれ

$$q = 0.010409, \quad N_0 = 9,570 \qquad \cdots\cdots(1)から$$

$$q = 0.009996, \quad N_0 = 13,103 \qquad \cdots\cdots(2)から$$

をうる。両者を平均すると

$$q = 0.01, \quad N_0 = 11,337$$

(1)と(2)とで初期資源量はやや異なるが，どちらにしても前年を数倍上回る。漁獲能率は(1)と(2)とがよく一致し，前年の 1/3～1/4 である。この結果を前年の結果と比較すると，結局，数倍にも上回る資源が前年より広い範囲に分布し，努力当り漁獲量が大きくても漁獲能率としてはむしろ低目で，従って，より長い期間にわたってより多くの操業隻数を吸収し，数倍の漁獲回収を可

図1　日別操業隻数・漁獲尾数・CPUE

Fig. 1. Daily fishing boats, crabs caught, and CPUE

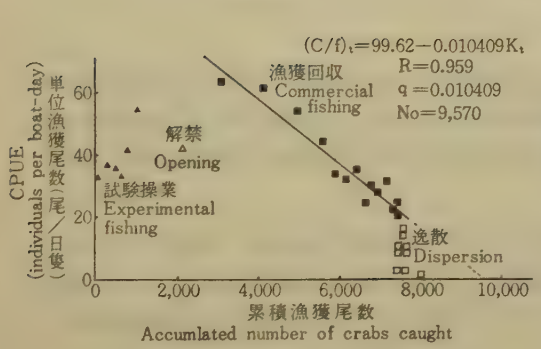


図2　De Lury の方法による放流ガザミの資源解析

Fig. 2. Analysis of the crabs caught by DE LURY's method

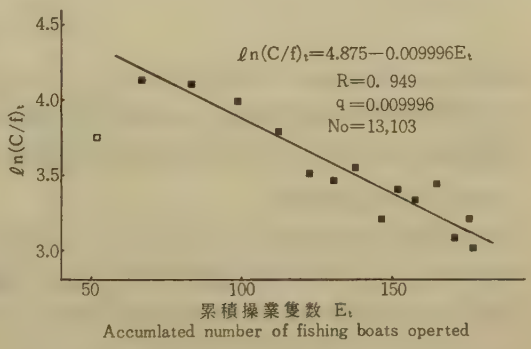


図3　DeLury の方法による放流ガザミの資源解析

Fig. 3. Analysis of the crabs caught by DE LURY's method

能にしたと解釈できる。それほど本年の成育が良好で，初期資源量が大きかったといえよう。

漁獲率および漁獲係数

盛漁期末までの漁獲率Eは

$$E=C/N_0=7,418/11,337=0.654$$

である。

柴田・田口の間引き率は

$$E'=c/N_0=1-(1-0.01)^{125}=0.715$$

で，かなり近い値である。

また，漁獲係数Fを

$$F=qf=0.01\times125=1.25$$

として，これから求めた漁獲率E

$$E=1-e^{-F}=0.713$$

とよく一致する。これらの点から，前年同様自然死亡が無視しうる程度であることが確認できる。

放流ガザミの成育と生残が良好なため，初期資源量が大きく，漁獲能率は低目で，そのため漁期，操業隻数，漁獲尾数等がいずれも前年を大巾に上回る結果になった。しかし，漁獲率および漁獲係数等の資源に対する漁獲圧力を示す特性値だけが変わらない点は興味深い。

自然死亡が無視できるから，生残率Sは

$$S=N_t/N_0=(N_0-C)/N_0=0.337$$

または

$$S=1-E=0.287$$

となる。どちらをとっても大差ないが，これは，盛漁期の始めに1週間にわたって 2,000尾を越える試験操業による漁獲があり，この間の漁獲の資源に対する圧力・影響がその後における状況と異なるためであろう。両者を分けて各特性値を推定できないために起こる誤差と考えられる。

逸散期および終息期

盛漁期ののち10月16日から24日までの9日間に，操業隻数は12隻と急減し，漁獲も 116尾に激減している。1日当りでは操業隻数が1.33隻，漁獲が 9.7尾と著しい低落である。すでに漁獲と資源の減少が相関せず，この期間が逸散期とみられる。期首および期末の努力当り漁獲量から

$$2=22\ \exp(-(F+\beta))$$

とおき，ここで

$$F=0.01\times12=0.12$$

を代入すると

$$\beta=2.278$$

をうる。従って，9日間の逸散率Bは

$$B=\frac{\beta}{F+\beta}(1-S)=0.864$$

となる。漁獲率は

$$E=\frac{F}{F+\beta}(1-S)=0.045$$

であり，これらを合計したものは 0.9と前年と変わらないが，漁獲が少ないだけ逸散が増している。前年を大巾に上回る漁獲をえたあとでは，逸散が始ると極端な操業低下が起こるものとみえる。

逸散期ののち10月25日以降が終息期である。ただし，逸散期と終息期との間は厳密な区切りがあるわけではなく，操業および漁獲が断続的になった時期を終息期とみたものである。

摘　　要

1. 前年に引き続き，江田島湾奥の3カ所に7月14日を中心としたおよそ3週間内に4回に分けて，1令期稚ガニ種苗20万尾を放流し，放流後約70日目の9月下旬から刺網による漁獲回収をえた。

2. 湾内の漁獲は11月中旬まで認められ，この間漁期は50～60日続き，延操業隻数が 195隻，総漁獲尾数が 7,591尾に達した。放流尾数に対する漁獲回収は 3.8%であった。

3. 漁獲開始から2週間の短期間内に操業と漁獲が集中し，この間だけが盛漁期を呈する漁獲パターンは前年と全く同様であった。

4. 盛漁期間の漁獲努力と漁獲結果については D_E L_{URY} の方法があてはまり，これから漁獲能率が0.01，初期資源量が11,337尾と推定された。

5. 上記の資源特性値から漁獲係数および漁獲死亡率，生残率等を計算した結果は，すべて前年を大巾に上回る資源豊度を示した。ただし，概数ではいずれも前年と同じオーダーの値であった。

6. 盛漁期に続く9日間は操業と漁獲が急減し，D_E L_{URY} の直線からはずれることから逸散期とみられた。1日当りの逸散率は22.6%，9日間では90%の高率であった。

7. 逸散期を経過したのちはさらに操業と漁獲が僅かで断続的となり，この約3週間は終息期とみられた。

文　　献

1) 猪子嘉生他　1979：——Ⅷ. 49年江田島湾放流群の秋期刺網漁獲とその資源解析. ——10, －.
2) 猪子嘉生他　1976：——Ⅴ. 保護育成のためのモデル実験漁場造成. ——5 (2), 25-27.
3) 久保伊津男他　1957：水産資源学. 第1版, 166-169. 共立出版, 東京.
4) 田中昌一他　1973：水産資源論. 海洋学講座第12巻. 第1版, 35-36, 東大出版, 東京.

抄　録　Abstracts of recent Papers on HFES Investigatons published in other Periodicals

カキ養殖漁場における漁場老化に関する基礎的研究—Ⅲ

マガキ・フンの沈降速度と運搬距離

楠　木　　豊

日本水産学会誌，44，971—973（1978）

Fundamental Studies on the Deterioration of Oyster Growing Grounds-Ⅲ

Sinking Rates and Distance of Transport of the Faeces of Japanese Oyster

Yutaka Kusuki

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44, 971--973 (1978)

マガキ・フンの沈降速度は0.4～1.8cm/secで，大きなものほど沈降速度は速くなる。しかし，1.2mm² 以上のフンでは1.0～1.7cm/secで，大きさとは関係がない。

流速によるフンの運搬距離は，流速が増すにしたがって大きくなる。約1cm/secの流速では深さの4倍，2cm/secでは10倍以上の距離まで運搬され，5.5cm/secではフンは懸濁状態になると考えられる。

マガキの濾過水量の測定法について

楠　木　　豊

日本水産学会誌，43，1069—1076（1977）

On Measurement of the Filtration Rates of the Japanese Oyster

Yutaka Kusuki

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43, 1069—1076 (1977)

数種の微細藻類を用いてマガキの沪過水量を測定した。間接法による測定値から算出した懸濁物の捕捉量は排せつ物量より少ないことが多い。これは高濃度の懸濁物添加と，その際の水の攪乱の影響と考えられる。*Chlamydomonas* では初期濃度を1m*l* 当り25万細胞以下にすれば，正

常な値が得られることがわかった。直接法による沪過水量の測定では正常な値が得られ，天然海水では，えらを通過する水中の懸濁物の40-50%をえらで捕捉していると考えられる。

マガキえらによる懸濁微小粒子の捕捉

楠　木　　豊

日本水産学会誌，43，1391—1396（1977）

Retention of Small Particles by the Gills of the Japanese Oyster

Yutaka Kusuki

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43, 1391—1396 (1977)

マガキが捕捉可能な下限粒子の大きさを実験から求めた。懸濁物が十分に存在するときには，マガキは 3μ 以上の粒子を捕捉し，粒子数が減少すると 2μ 以下の粒子も捕捉する。捕捉率は 3μ 以上の粒子で高く，これより小さい粒子では低下する。 1μ の粒子の捕捉は少ないと考えられる。

広島湾の懸濁物は， 40μ 以下の粒子が全懸濁物中90%（乾燥重量）を占める。 したがって，孔径 1μ または 3μ の沪紙で測定した懸濁物量が，マガキの餌料量と考えられる。

マガキ排せつ物量と懸濁物捕捉量との関係

楠　木　　豊

日本水産学会誌，44，1183—1185（1978）

Relationship between Quantities of Faecal Material Produced and of the Suspended Matter Removed by the Japanese Oyster

Yutaka Kusuki

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44, 1183—1185 (1978)

マガキ排せつ物量は季節的変化を示すが，これは懸濁物捕捉量の変化によるものである。懸濁物捕捉量は 間接法沪過水量(l/hr)×懸濁物量(mg/l) で求められることが実験的に確かめられ，これより少し少ない量が排せつ物量である。えらを通過する懸濁物の約40～50%が捕捉され，年

間を通じてこの率は変化しないので，直接法沪過水量からも懸濁物捕捉量，したがって排せつ物量を推定することができる。生肉 1g 当り直接法および間接法濁過水量は，水温との間に正の相関関係が認められる。

牡蠣—その知識と調理の実際

荒川好満・山崎妙子

柴田書店，東京 vii＋199頁（1977）

Oysters——All about Oysters and Oyster Cooking

Kohman Y. Arakawa and Taeko Yamasaki

Shibata Shoten Publishing Co. Ltd., vii 199 pp. (1977)

カキは「海のミルク」にもたとえられるほど，栄養豊かな自然食品であるが，味覚の点でも淡水魚のアユに匹敵する優れた風味をもつことで知られ，先史時代の貝塚（台所のごみ捨て場の遺跡）でカキ殻の出土しないところはほとんどないといわれるほど，古くから食品として高い評価を得ている。ちなみに，ヨーロッパではローマ時代に，東洋では宋の時代に，また，わが国では江戸時代の初期，すでに広島の地先で養殖がはじめられた。

現在では，世界のカキ生産の約30%をわが国で占め，米国についで第２位の産額を誇っている。このように，歴史的にも，養殖技術の点からも，世界有数のカキ生産国でありながら，カキを料理する工夫や技術の面では，欧米や中国などの諸民族とは比較にならぬ貧しさであることも否定できない。

一方，かねてから正月過ぎの養殖カキが生産過剰で市価が低迷し，業界でもその対策に腐心しており，消費地におけるマーケット・リサーチの結果は潜在的な購買力は充分あるにもかかわらず，料理のレパートリーの貧しさのため，消費が伸び悩んでいることが明らかになった。

著者らは，カキを素材とした食生活の改善と養殖カキの需要の増大をはかる鍵の一つは，最近のわが国の食生活水準の向上と多様化に応じた料理法の普及にあることに着目，それぞれの持ち前に応じ，共同して執筆することとした。

本書の構成は，従来の料理書とは趣きを異にし，第１章はカキの食品史，民俗，文芸，あるいは生産史的な事柄をエッセー風にまとめ，第２章では料理の素材となる食用カキの分類，分布，発生，解剖など生物学的あるいは栄養科学的な知識を体系的に網羅し，第１・２章をひもとけば，いわば「カキのすべて」の知識が平易に得られるよう配慮されている。さらに，第３章では，和・洋・中国風のカキ料理の中から，とくに吟味した 180種について実際的な調理法を詳しく解説。

B５版，カラー口絵８頁，モノクローム挿絵54葉と表20を含む。

日本図書館協会選定図書。

広島県地御前人工干潟造成前後の生物相の変化

荒川好満・峠　清隆

水産土木，第14巻，第1号，45—51頁（1977）

Succession of Marine Biotic Community after the Construction of Artificial Tide-land at Jigozen, Hiroshima Prefecture

Kohman Y. Arakawa and Kiyotaka Tao

The Fisheries Engineering, 14 (1) : 45—51 (1977)

都市沿岸部では，埋立てによる自然の破壊がいちじるしく，大きな社会問題となっている。これに対応して，昭和49年3月，広島県佐伯郡廿日市町地御前鰐浜地先に，約 7ha の干潟を造成し，カキの採苗・抑制などのほか，有用魚貝類の繁殖をはかろうとする試みが企てられ，干潟造成工事の前後，数次にわたって自然環境および干潟の生物相の変化を調査した：——

1. 底生動物の変化を種類数についてみると，節足動物，軟体動物ともに，干潟造成直後に激減し，1年後には，造成前のほぼ75%にまで回復，他方，棘皮動物，原索動物では，ほぼ造成前と同じ程度に回復していた。
2. 底生動物，とくに貝類の現存量についてみると，アサリでは1年後には造成前の約1/2程度に減少，ホトトギスでは8倍に急増している。また，生息密度は，アサリで造成前とほぼ同じが，やや上回る程度（1.1倍），ホトトギスでは約 1.6倍に達している。
3. 底生動物の分布や生活を支配する要因である干潟の基盤の変化を砂泥の粒度組成についてみると，ふるい目 0.25mm を通過する細砂泥の占める割合は，造成前には平均8.85%を占め，直後には 22.96%，1年後には9.72%と，ほぼ前の状態に回復している。
4. このほかに，干潟付近の地質，気象，海況などの調査・観測結果についてもふれた。

ヤコウチュウ *Noctiluca scintillans* (Macartney) の培養とその観察

高山晴義

日本プランクトン学会報，24 (2) : 83—86 (1977)

Culture of *Noctiluca scintillans* (Macartney)

Haruyoshi Takayama

Bulletin of Plankton Society of Japan, 24 (2), 83—86 (1977)

各種ベン毛藻を餌料として，ヤコウチュウの飼育・培養を試みた。その結果，ヤコウチュウの培養には *Heterosigma inlandica* と *Chlamydonas* sp. が好適であり，ヤコウチュウは *H. inlandica* を食べて3週間後に200倍に増殖した。培養中のヤコウチュウは主として2分裂によって増殖したが，配偶子の形成も観察された。

赤潮予知に関する試み

大内　晟・高山晴義

瀬戸内海赤潮予察調査（昭和51，52年度研究報告書），133－143（1978）

On the trial of forecast for occurence of red tide

Akira Ôuchi and Haruyoshi Takayama

Report of reseach on foreseeing of red tide in the Seto Inland Sea (1976 and 1977), 133—143 (1978)

広島湾奥部における窒素，リンおよび微量元素（Fe, Mn, Cu）の調査にもとづき，主成分分析や重回帰分析等の解析を行い，赤潮の予知・予測について検討した。

広島湾に発生した *Gymnodinium* 赤潮と漁業被害

高山晴義・大内　晟・大久保　忠・島田英明

瀬戸内海赤潮予察調査昭和51，52年度研究報告書，125—131（1978）

Occurrence of Red Tide and Damages of Fisheries Caused by *Gymnodinium*

Haruyoshi Takayama, Akira Ôuchi, Tadashi Ookubo and Hideaki Shimada

Report of Reseach on Foreseeing of Red Tide in Seto Inland Sea (1976 & 1977), 125—131 (1978)

1977年8月下旬広島湾に発生した *Gymnodinium* 赤潮に関し，その発生状況と漁業被害について報告した。

布刈瀬戸およびその付近の架橋水域の漁場環境調査

大内　晟・高山晴義

本州四国連絡架橋漁業影響調査報告，16，93—115（1978）

Survey of Influence of Construction of Honshu-Shikoku Bridge on Fisheries Environment in Mekari Seto and the Vicinities

Akira Ôuchi and Haruyoshi Takayama

Report of Survey on Influence of Construction of H-S Bridge on Fissheries. 16：93—115（1978）

本四架橋工事が漁業環境に及ぼす影響，特にニゴリの問題を解明することを目的として調査を実施した。架橋海域およびその周辺海域の懸濁物中の6成分（Si, Al, Fe, Mn, Ca, Mg）を分析し，これをもとに主成分分析とクラスター分析を組み合わせて懸濁物の質の識別を行った。

第2，第3ルートの懸濁物の質は類似しているが，第1ルートのそれはかなり異なる。また懸濁物の質の識別には多変量解析の手法が非常に有効であることが判明した。

架橋予定水域およびその周辺水域における魚卵・稚仔分布調査

平　田　貞　郎

本州四国連絡架橋漁業影響調査報告，16，217—226

Seasonal and local distributions of fish eggs and larvae in Mekari Seto and its adjacent waters.

Sadao Hirata

Report of Survey on Influence of Construction of H-S Bridge on Fisheries, 16, 217—226（1977）

架橋工事にともなう環境変化が浮游性魚卵，稚仔におよぼす影響を検討するため，布刈瀬戸および周辺水域の魚卵，稚仔の分布について調査した。

4月から9月までの調査で，卵，稚仔出現のピークは5～6月にみられ，卵出現量の比較的多かった水域は布刈瀬戸および因島東部定点，稚仔もこの水域と多々羅崎定点で多くみられた。

架橋予定水域およびその周辺水域におけるマダイ幼魚の漁業資源生態調査

溝上昭男・馬久地隆幸・猪子嘉生

本州四国連絡架橋漁業影響調査報告，12，344—356（1977）

Fisheries Resources and Ecological Survey of Young Red Sea Bream, *Chrysophrys major* T. et S. in Waters of Bridge and Adjacent Waters.

Akio Mizokami, Takayuki Mekuchi and Yoshio Inoko

Report of Survey on Influence of Construction of H-S bridge on fisheries, 12, 344—356 (1977)

架橋予定水域およびその周辺水域において，小型底引網によって混獲されるマダイ幼魚の漁獲実態，漁場，漁期および生物特性等について調査した。

マダイ幼魚の混獲は9月から10月にかけて増加し，銘柄別には当才魚が最も多く，1才魚以上の漁獲は少ない。また，9月と10月における平均単位漁獲尾数（日）は 93〜102尾で，県下の底引漁場のなかで最も高い値を示した。

マダイ幼魚は8月頃より底引網漁場に添加し，10月までかなり大量に分布し，その成長は著しい。11月以降，全長 130mm，体重 40g 以上に成長した群は漁場から漸次逸散し，分布量は減少する。

架橋予定水域およびその周辺水域におけるマダイ幼魚の漁業資源生態調査

溝上昭男・高場　稔・猪子嘉生

本州四国連絡架橋漁業影響調査報告，16，419—436（1978）

Fisheries Resources and Ecological Survey of Young Rea Sea Bream, *Chrysophrys major* T. et S. in Waters of Bridge and Adjacent Waters.

Akio Mizokami, Minoru Takaba and Yoshio Inoko

Report of Survey on Influence of Construction of H-S Bridge on Fisheries, 16, 419—436 (1978)

架橋予定水域および周辺水域において，小型底引網と小型定置網によって混獲されるマダイ幼魚の漁獲実態，漁場，漁期および生長等の漁業生物学的特性について調査した。

小型底引網では9月に漁獲のピークが見られるが，定置網では前者より長い（9～10月）傾向がみられる。幼魚の平均体長と体重の月別推移は7月から9月にかけて直線的に生長するが，底引網漁場では9月から10月にかけて一時的な生長停滞がみられる。ただし，定置網漁場ではそのような停滞はない。

マダイ幼魚の混獲尾数（日）は漁場，漁法により差があり，本年度は架橋周辺漁場で51年度より著しく漁獲尾数が減少した。

マダイの種苗放流・追跡—Ⅰ

52年度生野島周辺海域における小型種苗の放流

猪子嘉生・溝上昭男・高場　稔

Releasing and Tracking of the Artificial Seedlings of Red Sea Bream, *Chrysophrys major*-I

Release of Small Size Seedlings at Ikuno Island in 1977

Yoshio Inoko, Akio Mizokami, and Minoru Takaba

従来マダイの種苗放流は，2～4カ月の中間育成により 8～10cm サイズでの放流を行うことが多かったが，ここでは20，40，60日間の短期育成により小型種苗での放流を試みた。放流サイズはそれぞれ4～5cm，6～7cm，9cm で，いずれも当海域に定着し成長することが確認できた。アマモ場へ放流した場合，このなかでは20日間育成の 4～5cm 放流群が最も長期間放流場所付近へ滞留した。

マダイの種苗放流・追跡—Ⅱ

放流種苗の定着

高場　稔・溝上昭男・猪子嘉生

Releasing and Tracking of the Artificial Seedlings of Red Sea Bream, *Chrysophrys major*-II

Settle Down of Released Young Red Sea Bream

Minoru Takaba, Akio Mizokami and Yoshio Inoko

The SAIBI-GYOGYO-GIJUTSU-KAIHATSU-KENKYU, 7 (1) : 27—32 (1978)

生野島保護水面に小型種苗の直接放流と20～60日育成魚の放流を行い，保護水面北側のアマモ場において約6カ月間餌曳き網による追跡調査を実施した。

放流後11月中まで各群とも再捕があり，各群の定着を確認することができた。再捕尾数は10～27尾，再捕率は0.18～0.53%であった。また，保護水面の特殊性から漁獲能率を用いて各放流群の各操業時における定着率を求め，3.3cm 群と 7.6cm 群では初期の定着率が低く，4.7cm 群で最も高い結果を得た。

マダイの種苗放流・追跡—Ⅲ

採捕状況と分散

溝上昭男・高場　稔・猪子嘉生

栽培漁業技術開発研究，7 (1)：33—38 (1978)

Releasing and Tracking of the Artificial Seedlings of Red Sea Bream, *Chrysophrys major*-Ⅲ

Dispersion and Recapture

Akio Mizokami, Minoru Takaba and Yoshio Inoko

The SAIBAI-GYOGYO-GIJUTSU-KAIHATSU-KENKYU, 7 (1)：33—38 (1978)

生野島保護水面に生長段階別にマダイ種苗の放流を行い，その採捕状況と分散について調査した。

1) 放流点での試験操業では高い混獲率で標識魚が再捕される。

2) 平均全長 3.3cm, 7.6cm サイズの種苗は 5km 以内で速やかな分散を示したが，前者は本来の移動分散とは言い難く，後者は本来の移動分散を示したものと考えられる。

3) 平均全長 4.7cm, 9.9cm サイズの種苗は放流点によく滞留し，前者では本来の定着生態を強く示し，後者はアンカータグによる妨げがあったものと考えられる。

4) アンカータグ装置（9.9cm サイズ）の標識マダイの再捕率は100日経過で 7.5%を示し，このうち，5km 以内の比率は94.9%を示した。

人工生産マダイ，クロダイ稚魚の滑走細菌感染症

増村和彦・若林久嗣[1)]

魚病研究，12(3)：171—177（1977）

An Outbreak of Gliding Bacterial Disease in Hatchery-born Red Seabream (*Pagrus major*) and Gilthead (*Acanthopagrus schlegeli*) Fry in Hiroshima

Kazuhiko Masumura and Hisatsugu Wakabayashi

Fish Pathology, 12 (3), 171—177 (1977)

人工生産マダイ，クロダイ稚魚に発生する，口吻部の白色ないし黄白色のびらんを主症状とする疾病について調査をおこない，次の結果を得た。

(1) 発病魚は，マダイ，クロダイとも全長 15～60mm の範囲であり，特に 20～40mm のものが多い。この範囲内では，大型の個体ほど口吻患部は発赤をともなう。

(2) 患部には濃密な滑走細菌の集落が認められる。菌を分離して，性状，薬剤感受性，病原性について調べた結果，この菌は海水要求性があり，菌体を魚体に塗布することにより人工感染が成立し，自然発病魚と同一症状を呈した。

(3) この菌は，寒天，セルロース，キチンのいずれも分解しないことから *Flexibacter* sp. と判断された。

マダイ稚魚飼料開発研究

伏見　徹

昭和52年度マダイ稚魚人工飼料開発研究報告書，1—29（1978）

Studies on Artificial Diets of Larvae of Red Sea Bream

Toru Fushimi

Reports of Studies on Artificial Diets of Larvae of Red Sea Bream (in 1977), 1—29 (1978)

マダイの種苗生産には，大量の生物餌料（シオミズツボワムシ，橈脚類）が必要であるが，これを人工飼料で代替えできれば，省力化と安定化が画れ，大量生産が一層進歩する。このため，

1) 東京大学農学部

5，7，9mm 稚仔魚にタラ肝油を添加した北洋魚粉主体の人工飼料を給餌し，その成長，生残，および活力をワムシで飼育した魚と比較した。この結果，各サイズとも人工飼料の単用は成長が悪かったが，ワムシと人工飼料の併用においては人工飼料の使用効果が認められ，特に 9 mm サイズではワムシ単用以上の成長と生残が得られた。人工飼料とワムシの併用割合は 1：1 が最も良かった。

各種刊行物リスト　List of additional HFES Publications

伏見　徹：昭和52年度マダイ稚魚人工飼料開発研究報告書，29 pp.（1978）。

猪子嘉生・溝上昭男・高場　稔：昭和52年度瀬戸内海栽培漁業・放流技術開発事業・中西部マダイ班総合報告書，1–22（1978）。

猪子嘉生・溝上昭男・高場　稔：昭和52年度瀬戸内海栽培漁業・放流技術開発事業・ガザミ班総合報告書，19–39（1978）。

川西正衛他：昭和52年度保護水面管理事業調査報告書，28 pp.（1978）。

広島県水産試験場研究報告 第10号

昭和54年 3 月31日

発行 ： 広島県水産試験場　　場長 佐藤正明

〔〒 737-12〕 広島県安芸郡音戸町音戸5233-2

印刷 ： 中 本 総 合 印 刷 株 式 会 社

〔〒730〕 広島市大州 5 丁目 1 番 1 号

BULLETIN
OF
THE HIROSHIMA FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 10 March 1979

Contents

Original Articles

Hashimoto, T. : On the Stratfication in Sea Water and its Factors affecting the Formation along the Coast of Hiroshima Bay 1
Kusuki, Y. : On the Effect of Cultivating Oyster Growing Grounds 15
Takayama, H. : Observations on *Noctiluca scintillans*- Ⅰ. Feeding Behavior 27
Takaba, M. and Hirata, S. : Studies on Tagging Method and Experimental Release of Blue Crab, Portunus triberculatus (Mieres) 35
Inoko, Y., Kawanishi, M., Hirata, S., and Takaba, M. : Releasing and Tracking of Artificial Seedlings of Blue Crab, *Portunus triberculatus*-Ⅷ. Recapture and Population Analysis at Etajima in 1974 43
Inoko, Y., Kawanishi, M., Hirata, S., and Takaba, M. : Releasing and Tracking of Artificial Seedlings of Blue Crab, Por tunus Triberculatus-Ⅸ. Recapture and Population Analysis at Etaimja in 1975 51
Kusuki, Y. : Fundamental Studieson the Deterioration of Oyster Growing Grounds-Ⅲ Sinking Rates and Distance of Transport of the Faeces of Japanese Oyster 57
Kusuki, Y. : On Measurement of the Filtration Rates of the Japanese Oyster 57
Kusuki, Y. : Retention of Small Particles by the Gills of the Japanese Oyster 58
Kusuki, Y. : Relationship between Quantities of Faecal Material Produced and of the Suspended Matter Removed by the Japanese Oyster 58
Arakawa, K. Y. and Yamasaki, T. : Oysters–All about Oysters and Oyster Cooking ... 59
Arakawa, K. and Tao, K. : Succession of Marine Biotic Community after the Construction of Artificial Tide-land at Jigozen, Hiroshima Prefecture 60
Takayama, H. : Culture of *Noctiluca scintillans* (Macartney) 60
Ouchi, A. and Takayama, H. : On the trial of forecast for occurence of red tide ... 61
Takayama, H., Ouchi, A., and Ookubo, T. : Occurrence of Red Tide and Damages of Fisheries Caused by Gymnodinium 61
Ouchi, A. and Takayama, H. : Survey of Influence of Construction of Honshu-Shikoku Bridge on Fisheries, Environment in Mekari Seto and the Vicinities 62
Hirata, S. : Seasonal and local distributions of fish eggs and larvae in Mekari Seto and its adjacent waters 62
Mizokami, A., Mekuchi, T., and Inoko, Y. : Fisheries Resources and Ecological Survey of Young Red Sea Bream, *Chrysophrys* major the H-S Bridge Waters and adjacent Waters 63
Mizokami, A., Takaba, M., and Inoko, Y. : Fisheries Resources and Ecological Survey of Young Red Sea Cream, *Chrysophrys major* in the H-S Bridge Waters and adjacent Waters 63
Inoko, Y., Mizokami, A., and Takaba, M. : Releasing and Tracking of Artificial Seedlings of Red Sea Bream, *Chrysophrys major*-. Releaseing of Small Size Seedlings at Ik no Island in 1977 64
Takaba, M., Mizokami, A., and Inoko, Y. : Releasing and Tracking of Artificial Seedlings of Red Sea Bream, *Chrysophrys major*-Ⅱ. Settle down of Released Young Red Sea Bream 64
Mizokami, A., Takaba, M., and Inoko, Y. : Releasing and Tracking of Artificial Seedlings of Red Sea Bream, *Chrysophrys major*-Ⅲ. Dispersion and Recapture 65
Masumura, K. and Wakabayashi, H. : An Outbreak of Gliding Bacterial Disease in Hatchery-born Red Sea Bream (*Pagrus major*) and Gilthead (*Acanthopagrus schlegeli*) Fry in Hiroshima 66
Fushimi, T. : Studtes on Artificial Diets of Larvae of Red Sea Bream 66

List of additional HFES Publications

Published
by
The Hiroshima Fisheries Experimental Station
(5233-2 Ondo-cho, Aki-gun, Hiroshima 737-12, Japan)